Astronomia per tutti

Volume 5

Neofiti: La prima osservazione

Costellazioni: Chioma di Berenice e Serpente

Astrofotografia: Fotografia a grande campo

Ricerca amatoriale: Fotometria d'apertura: teoria ed errori

Astrofisica: I moti propri delle stelle

Astronautica: L'uomo sulla Luna

Attualità: La folta schiera dei satelliti naturali

Domande e risposte

Daniele Gasparri

Daniele Gasparri

Astronomia per tutti: volume 5

Per vedere tutti i miei libri cliccare qui

Se vi siete persi gli altri volumi di astronomia per tutti, li trovate qui

Indice

Nel prossimo volume

In copertina: La porzione sud della Luna ripresa con un telescopio amatoriale da 35 centimetri di diametro rivela un’infinità di crateri. Chissà quali emozioni avranno provato gli astronauti che tra il 1969 e il 1972 potevano vedere con i loro occhi questo stupendo panorama, poche ore prima di posarsi sulla superficie.

Presentazione

Giunti al quinto volume, siamo pronti per fare dei salti importanti per quanto riguarda le categorie di astronomia pratica.

Finalmente usciremo all'aperto per affrontare la prima osservazione sotto un cielo stellato, senza Luna e lontano dalle luci delle città. Il nostro obiettivo è semplice: cominciare a riconoscere le costellazioni aiutandoci con una torcia rossa e le inseparabili mappe. Ci vorrà un po' di pazienza, ma con qualche giorno di pratica diventeremo esperti delle vie del cielo.

Nello spazio dedicato alla fotografia astronomica cominceremo a utilizzare una fotocamera reflex con il nostro telescopio, meglio, con la sua montatura equatoriale per ottenere immagini a lunga esposizione e grande campo della volta celeste. La fotografia in parallelo, oltre a non essere né dispendiosa né difficile, è anche molto appagante perché finalmente potremo vedere le meraviglie dell'Universo spesso nascoste alla nostra vista.

Nella categoria della ricerca amatoriale vedremo un po' di teoria riguardante le fonti di rumore e le incertezze. Conoscere i nostri "nemici" ci aiuterà a spingere al limite la strumentazione e ci aprirà moltissime possibilità, tra cui la rilevazione di pianeti extrasolari.

Il tema di astrofisica riguarda i moti propri delle stelle.

Benché noi non ce ne accorgiamo perché viviamo troppo poco, tutti gli astri del cielo si spostano lentamente. Il risultato? Sorprendente: le stelle che vedevano i dinosauri 65 milioni di anni fa erano completamente diverse dalle attuali. Noi stiamo osservando semplicemente un'istantanea di un Universo in

continuo cambiamento.

Nella categoria astronautica vedremo finalmente le gesta di quegli uomini eroici che negli anni sessanta e settanta misero piede sulla Luna. Dallo strepitoso successo di Apollo 11 alla tragedia sfiorata di Apollo 13, fino all'ultima, triste missione di Apollo 17 che ha dato l'addio al suolo lunare e a un periodo di esplorazione spaziale che non si è più ripetuto.

Il volume si concluderà con una breve carrellata dei più affascinanti, intriganti e misteriosi satelliti naturali dei pianeti. Alcuni come Titano ed Europa sono così complessi che potrebbero addirittura nascondere delle semplici forme di vita extratettestri.

Daniele Gasparri
Aprile 2013

Neofiti

In questa sezione, che verrà estratta dai miei libri: “Primo incontro con il cielo stellato” e “Che spettacolo, ho visto Saturno!”, affronterò insieme a tutti gli appassionati il difficile ma appassionante cammino verso l’osservazione consapevole dell’Universo e dei fantastici oggetti che ci nasconde.

Si tratta di un vero e proprio corso di astronomia di base, che parte dalle fondamenta per giungere, con la dovuta calma e pazienza, alla scelta del telescopio e ai consigli sugli oggetti celesti da osservare.

Per ora limitiamoci a familiarizzare con l'astronomia, a capire di cosa parla e quali corpi e fenomeni troverete lungo il cammino.

Un consiglio prima di iniziare: preparatevi a grandi sorprese!

La prima osservazione

La prima osservazione a occhio nudo sotto un cielo davvero buio è un momento che non dimenticherete più nel corso della vostra vita, che segna l'inizio del vostro viaggio nelle meraviglie dell'Universo.

Non serve un telescopio per ammirare la grande e magnifica architettura del cielo, osservarne i mattoni (le stelle), le gemme (i pianeti), i tesori nascosti (nebulose, galassie) e i grandi disegni che hanno ispirato generazioni di esseri umani nel corso dei millenni.

Questo cielo è lo stesso osservato dalle prime antiche e gloriose civiltà, è il cielo che ha ispirato i più grandi pensatori dell'antica Grecia, che ha guidato Roma nella conquista del mondo, è il cielo che ogni essere umano ha guardato almeno una volta, un contenitore immenso che raccoglie tutta la storia, i miti, i sogni e le speranze dell'intera umanità.

In questa prima notte il vostro obiettivo è quello di imparare a riconoscere le costellazioni, a muovervi tra le stelle e a usare le carte del cielo che vi siete procurati.

Prima di tutto, quindi, un buon atlante stellare è l'acquisto migliore che possiate fare. In alternativa, il mondo di internet offre ottimi programmi di simulazione del cielo stellato, perfetti per creare delle mappe per qualsiasi giorno e orario voi desideriate. Uno di questi programmi è Cartes Du Ciel, un altro è Stellarium, ma ve ne sono molti altri, tutti ottimi e soprattutto gratuiti. Una ricerca con Google con il nome di questi due software vi fornirà in pochi istanti il link per il download sul

vostro computer.

Una volta che avete a disposizione un atlante stellare o un software di simulazione del cielo, impostate le coordinate della vostra posizione e l'ora e la data alla quale osserverete. Stampate la mappa su un foglio A4, magari in più copie, e sarete così pronti per la prima osservazione.

Il vostro unico obiettivo è quello di riconoscere più costellazioni possibili presenti nella mappa, a cominciare, ovviamente, da quelle più facili, nonché utili, come il grande carro, Cassiopea, l'Orsa minore con la stella Polare, sempre osservabili e che ci indicheranno la via per trovare tutte le altre sparse nell'immensità del cielo.

Recatevi in un posto buio, in campagna o, meglio, montagna, lontano più possibile dalle luci delle città. Ripeterlo non può fare male: l'inquinamento luminoso causato dalle luci artificiali spegne le stelle del cielo. Maggiore è la distanza dalle grandi città, migliore sarà la visione del cielo che avrete.

Per avere un cielo di qualità accettabile dovete essere in grado di osservare la Via Lattea nelle notti estive. Se il cielo è ottimo, dovrete essere in grado di osservare anche la più debole parte invernale.

Per la vostra prima osservazione portatevi un amico, qualcosa di caldo da bere e un abbigliamento consono. Non sottovalutate la potenza del freddo, anche durante le serate apparentemente più calde. Quando si deve stare qualche ora fermi sotto il cielo e l'umidità della notte, anche una temperatura gradevole può trasformarsi in un freddo fastidioso e pungente, tanto da rovinare la vostra osservazione.

Per consultare le mappe che vi siete portati dovete usare una torcia di colore rosso, fondamentale per non rovinare quello che

si chiama adattamento al buio. I nostri occhi, infatti, per osservare al meglio gli oggetti deboli hanno bisogno di circa 15 minuti di buio assoluto. L'adattamento al buio è fondamentale e non deve essere rovinato con l'uso di torce con luce bianca.

Il primo passo da effettuare quando sarete sotto il cielo stellato è quello di orientarvi. Appena alzerete gli occhi al cielo vi accorgerete di quanto sia grande e piuttosto complicato trovare punti di riferimento. Non fatevi prendere dallo sconforto, con un po' di pazienza e buona volontà orientarsi diventerà piuttosto facile, fidatevi.

Dopo lo smarrimento iniziale, il primo passo da fare è quello di trovare i punti cardinali. Aiutandovi con una bussola identificate il nord e portatevi di fronte ad esso. A questo punto il sud è esattamente dietro di voi, l'est alla vostra destra, l'ovest a sinistra.

Ricordate? La sfera celeste è lo specchio della Terra e dei suoi movimenti che noi vediamo proiettati nel cielo.

La prima stella da riconoscere è senza ombra di dubbio la Polare, perché in questo modo, oltre ad avere un punto di riferimento sempre presente nel cielo, riusciremo a orientarci secondo il moto della sfera celeste, quindi a prevederne anche i movimenti.

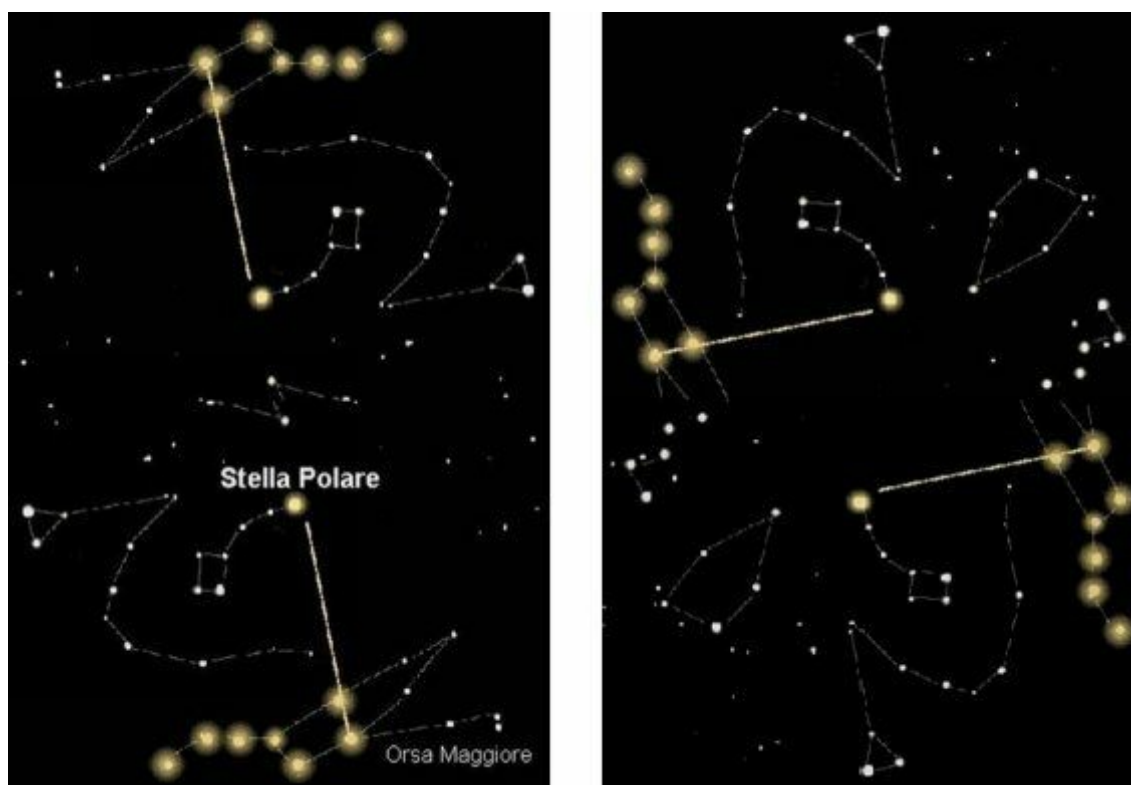
Per trovare la stella Polare, vista la luminosità non eccezionale, è meglio orientarsi con la figura del grande carro.

Il grande carro si trova sempre verso nord, con un'orientazione che dipende dalla stagione nella quale si osserva.

In primavera sarà capovolto, quasi sopra la nostra testa.

In estate si troverà verso nord-ovest, quasi verticale.

In autunno sarà basso verso nord, un po' debole e disteso, per poi risalire verso nord-est in inverno.

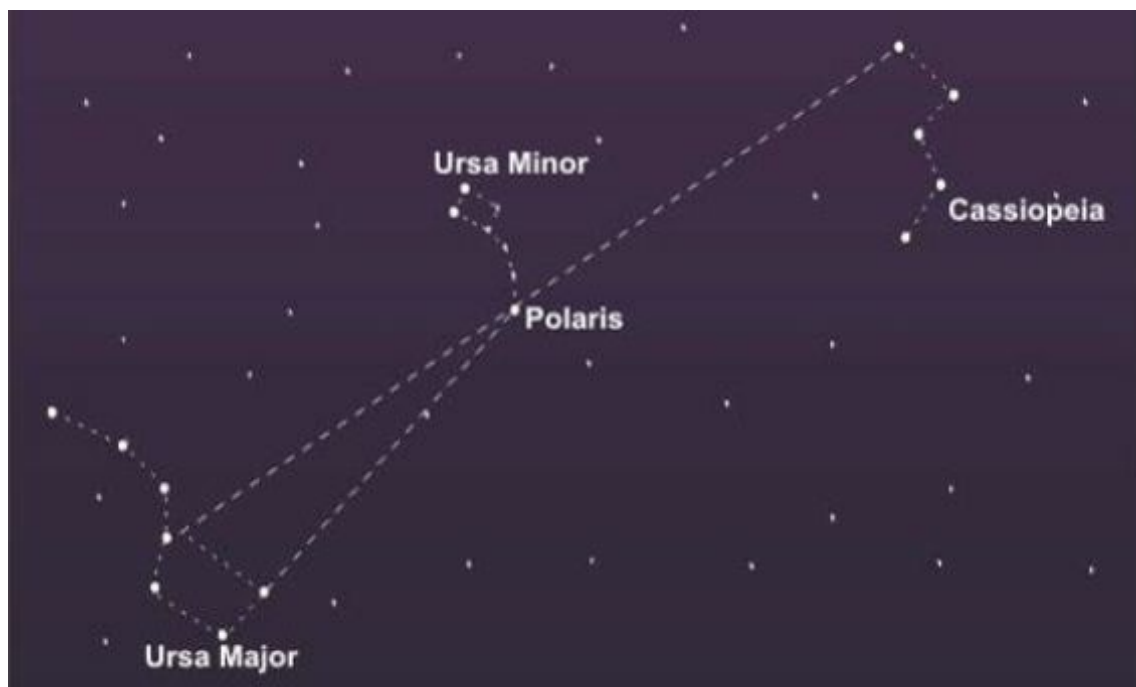
La Polare si identifica prolungando la congiungente tra le ultime due stelle del carro fino ad arrivare all'unica stella abbastanza brillante in quella zona: questa è la stella Polare. Se il vostro cielo è abbastanza scuro, dovreste essere in grado di identificare il piccolo carro, di cui la Polare è l'ultima componente del timone.

Posizione del grande carro nel cielo nel corso delle stagioni. In alto a sinistra, in primavera, a destra in estate. In basso a sinistra, in autunno, a destra in inverno. Prolungando la linea congiungente le ultime due stelle del carro, si incontra una stella, di luminosità simile, in una zona abbastanza povera di altri astri: la Polare.

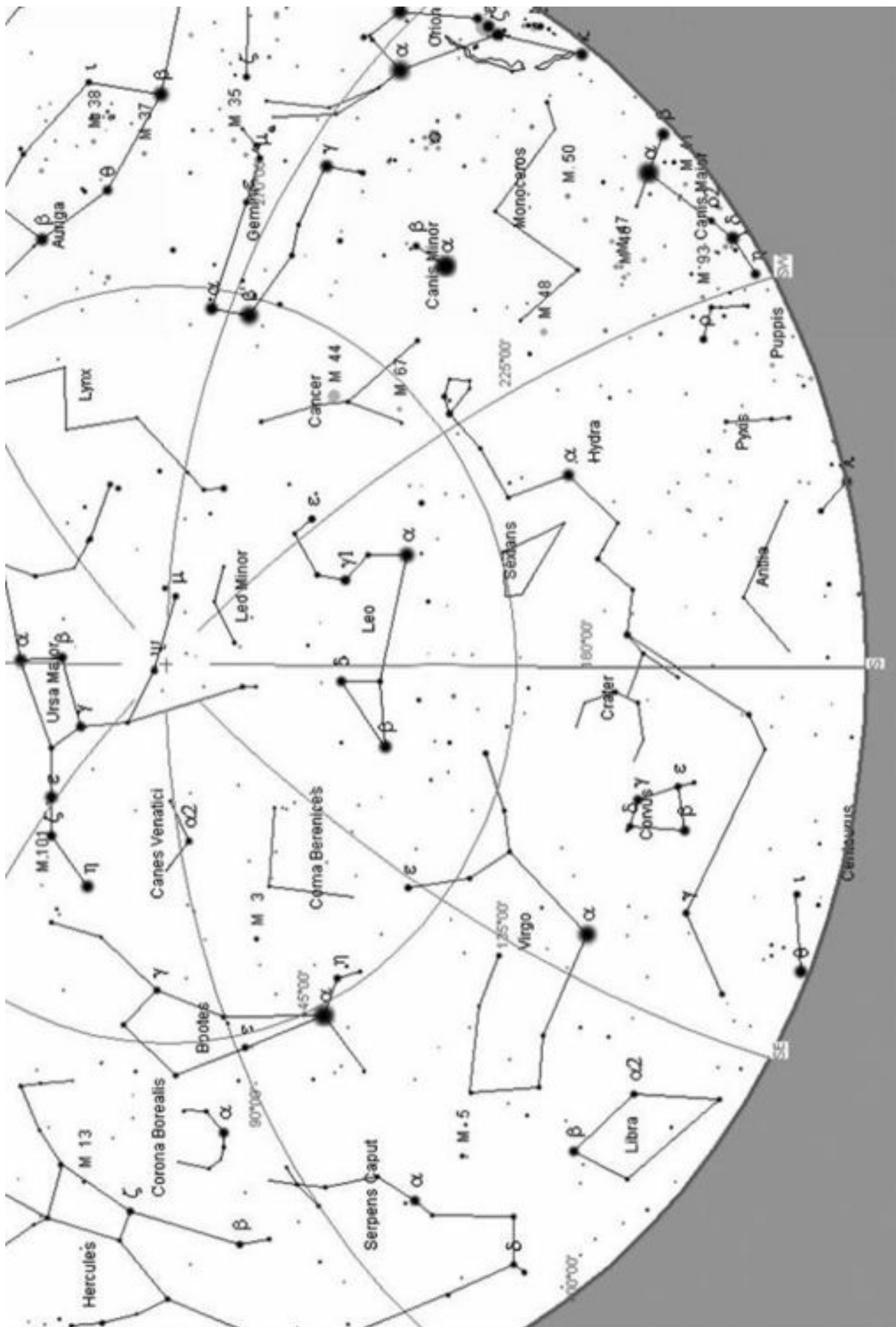
È facile capire che tutte le stelle che si trovano nelle vicinanze della stella Polare, pur ruotando da est verso ovest, non andranno mai sotto l'orizzonte: queste sono le famose stelle circumpolari già citate, che fanno parte delle costellazioni circumpolari. Per l'Italia, le costellazioni circumpolari più brillanti sono l'Orsa minore, l'Orsa maggiore e Cassiopea,

dall’inconfondibile forma a W o M.

Una volta identificato il grande carro e la stella Polare, è facile trovare Cassiopea esattamente dalla parte opposta, circa alla stessa distanza tra le ultime stelle del carro e la Polare.

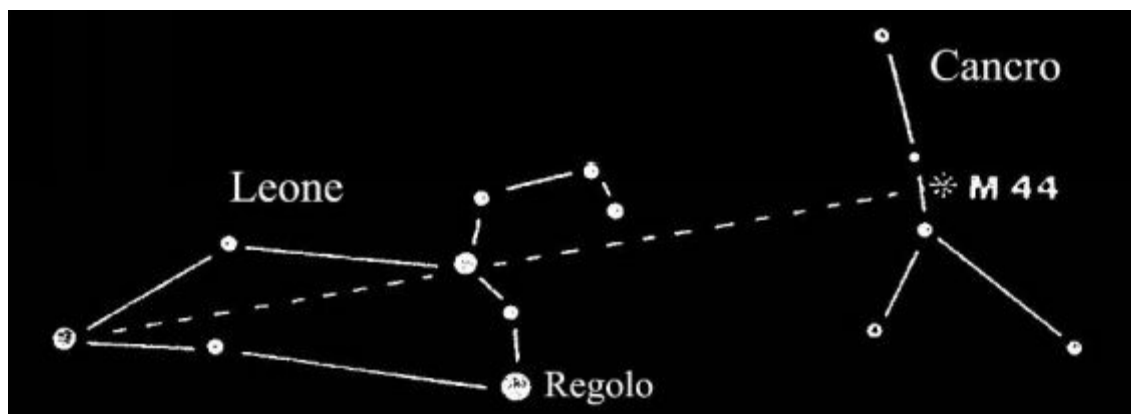
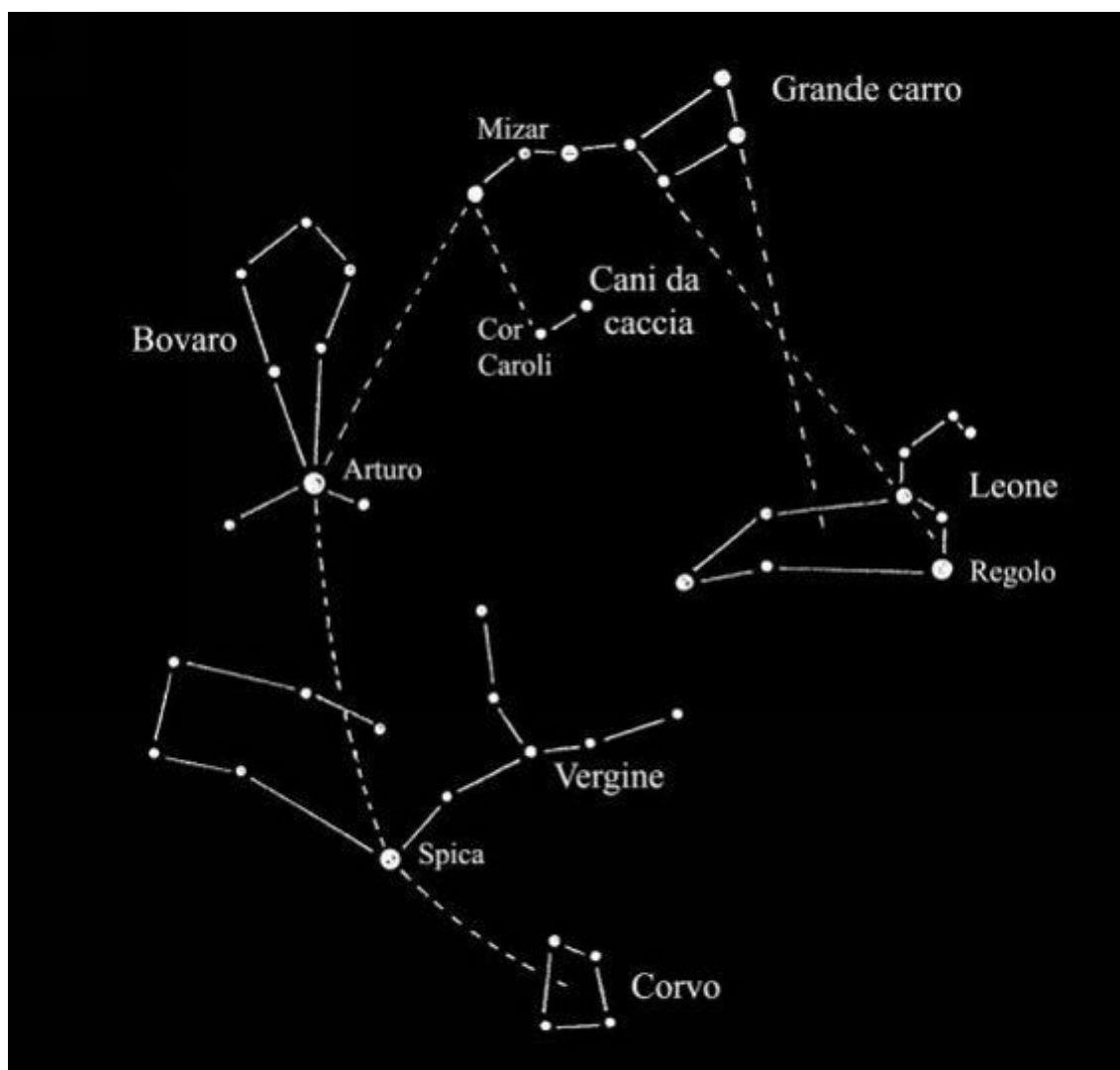
Tutte le altre costellazioni sono visibili in determinati periodi: il cielo non è sempre lo stesso, ma cambia con il susseguirsi delle stagioni. Costellazioni come Orione, il Toro, il Cane maggiore, di cui fa parte Sirio, la stella più brillante del cielo, sono visibili al meglio in inverno e per questo motivo sono dette invernali. Al contrario, il Sagittario, il Cigno e la Via Lattea estiva sono meglio visibili durante l’estate, risultando inosservabili d’inverno.

Capire quali sono le costellazioni che a una determinata data è possibile osservare nel corso della notte è quindi un buon passo per conoscere il cielo e i suoi cambiamenti stagionali.

Cassiopea si trova esattamente dalla parte opposta rispetto al grande carro.

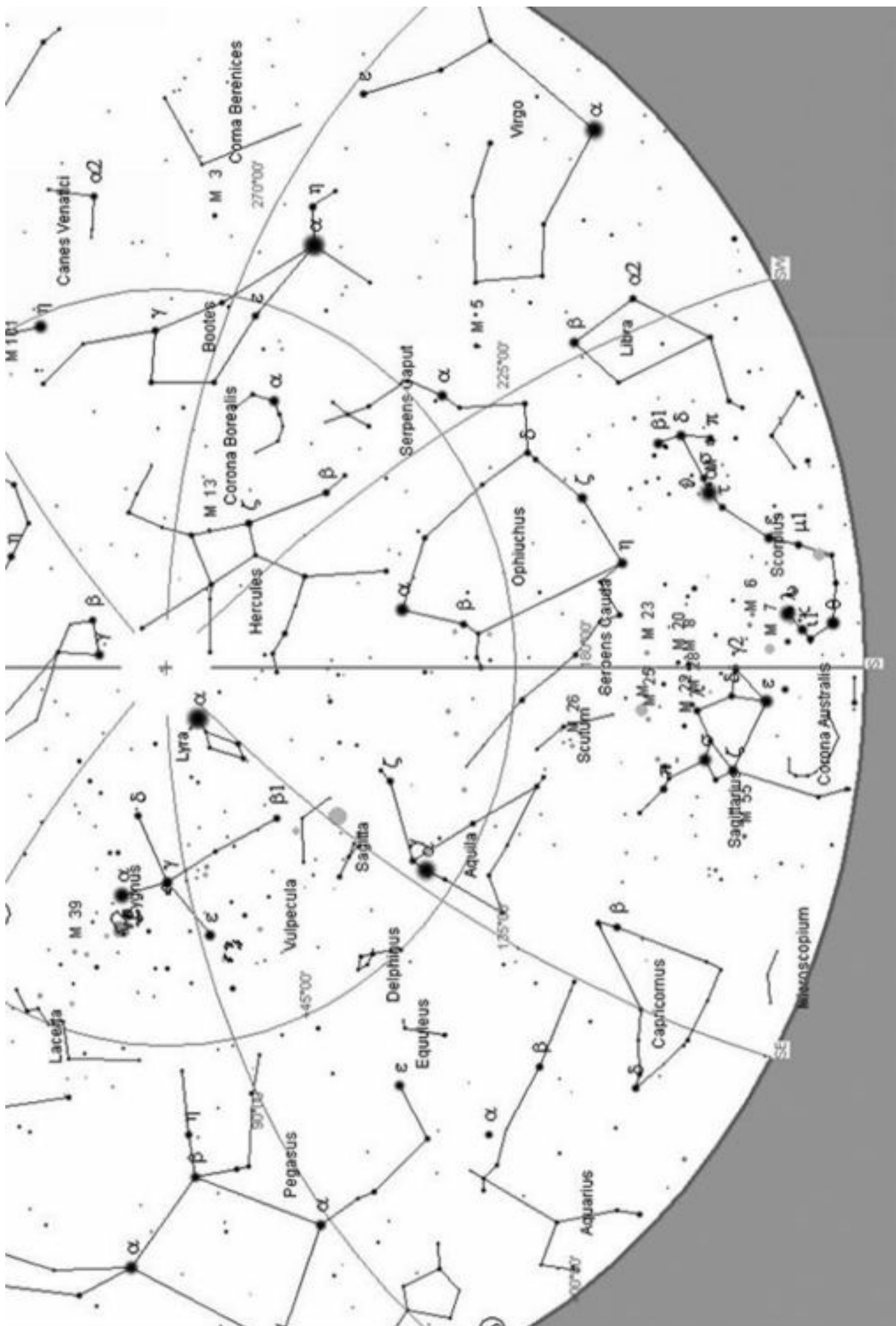
Il cielo in primavera

Nel periodo primaverile possiamo individuare molte altre costellazioni, partendo sempre dal grande carro, che si troverà quasi esattamente sopra la nostra testa. Prolungando il timone del carro lungo l'arco formato dalle stelle ε, ζ ed η, ci imbattiamo in una stella arancione piuttosto luminosa: si tratta di Arturo, gigante rossa facente parte della costellazione del Pastore (Bootes in latino), dalla caratteristica forma ad aquilone. Proseguendo ancora l'arco verso sud, ci imbattiamo in un'altra stella luminosa, sebbene meno di Arturo, dal colore bianco: si tratta di Spica, della costellazione della Vergine.

Se torniamo verso il grande carro e consideriamo il prolungamento delle stelle δ e γ, o dalle due che ci indicano la Polare e andiamo verso sud, ci imbattiamo in una stella brillante: Regolo, della costellazione del Leone, facilmente individuabile data la luminosità delle componenti e l'inconfondibile forma.

La concentrazione di stelle in primavera è bassa e questo consente di identificare con maggiore facilità le costellazioni presenti. Questo è dovuto al fatto che stiamo osservando una parte di cielo perpendicolare al disco galattico, che ci proietta verso lo spazio profondo. Non a caso la primavera è la stagione migliore, assieme all'autunno, per l'osservazione delle galassie. Inverno ed estate, invece, sono le stagioni migliori per nebulose e ammassi stellari, ovvero per tutti gli oggetti galattici.

Le mappe presenti in questa e nelle seguenti pagine sono sicuramente molto più utili di qualsiasi spiegazione.

Dalla costellazione del Leone, è facile approdare a una debole e indistinta macchia luminosa: si tratta dell'ammasso aperto M44, nel cuore della fioca costellazione del Cancro.

Nel cielo primaverile, partendo dal grande carro, molto alto sopra le nostre teste, possiamo rintracciare facilmente tutte le principali costellazioni. Prolungando l'arco formato dalle 3 stelle del timone del carro, giungiamo alla brillante stella Arturo, della costellazione del Pastore (Bootes), a forma di aquilone. Prolungando ancora, approdiamo a una stella bianca, meno brillante di Arturo, ma evidente: Spica, della costellazione della Vergine. In basso

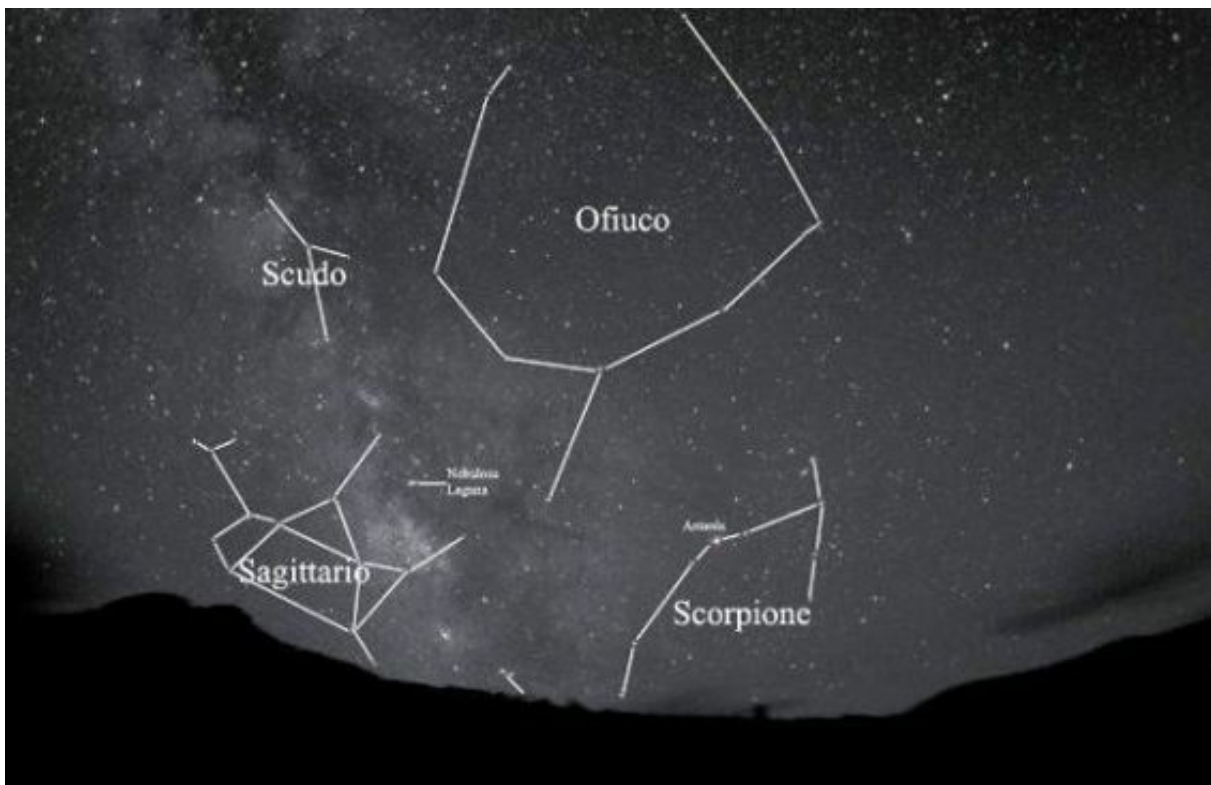
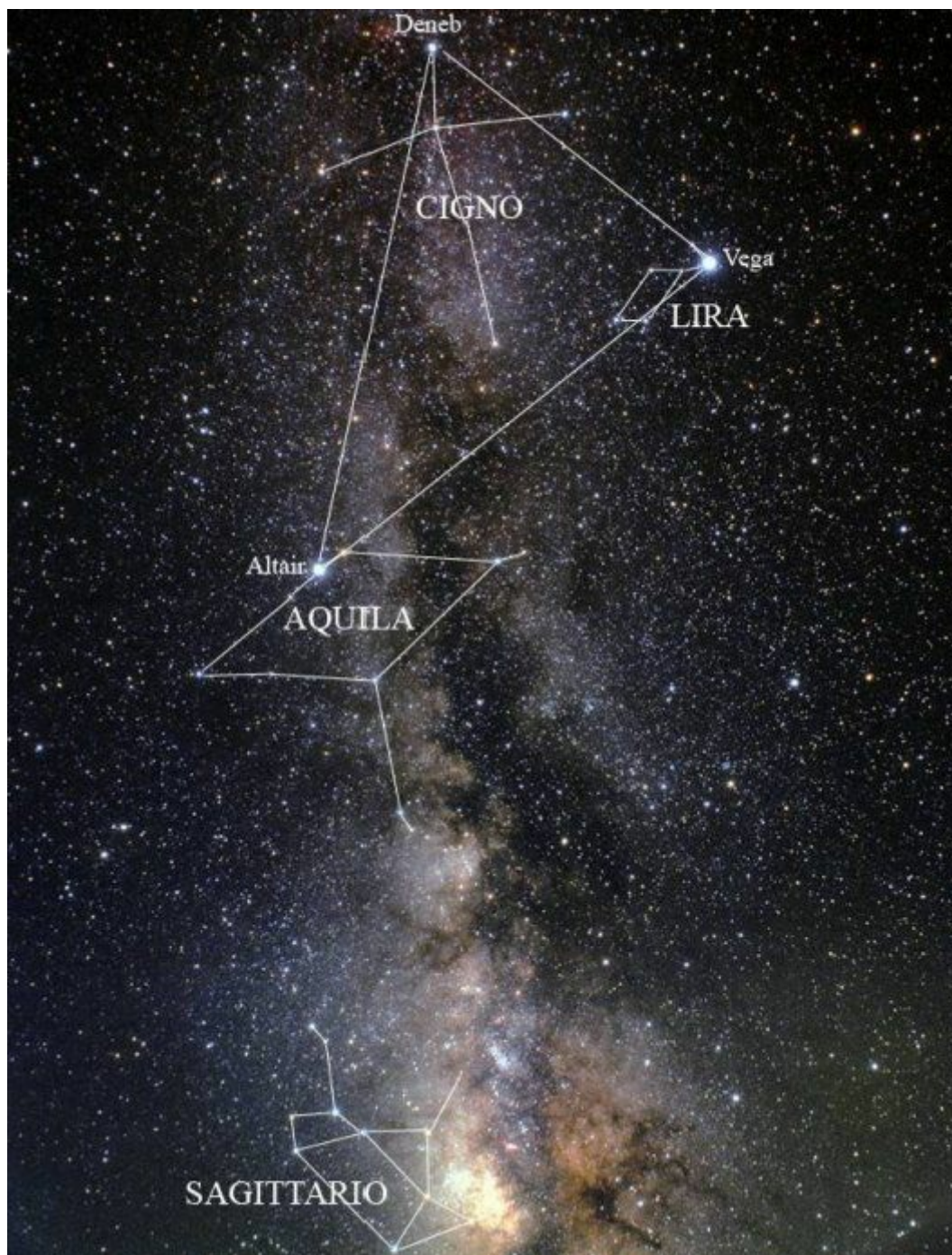
identifichiamo subito il trapezio formato dalla costellazione del Corvo. Prolungando le ultime due stelle del carro, quelle che ci indicano anche la posizione della Polare (nella parte opposta) approdiamo all’evidente costellazione del Leone, una delle più belle e luminose del cielo. Aiutandoci con mappe complete, come quelle fornite nella pagina precedente, siamo in grado di rintracciare, a questo punto, tutte le costellazioni del cielo primaverile.

Il cielo estivo

Il cielo delle calde notti estive è il più bello dell'anno.

Verso la metà di luglio, quando la luce del tramonto finalmente scompare dopo le 22, possiamo godere dello spettacolo della Via Lattea che solca il cielo da nord a sud, dalle costellazioni del Cigno a quelle del Sagittario e Scorpione.

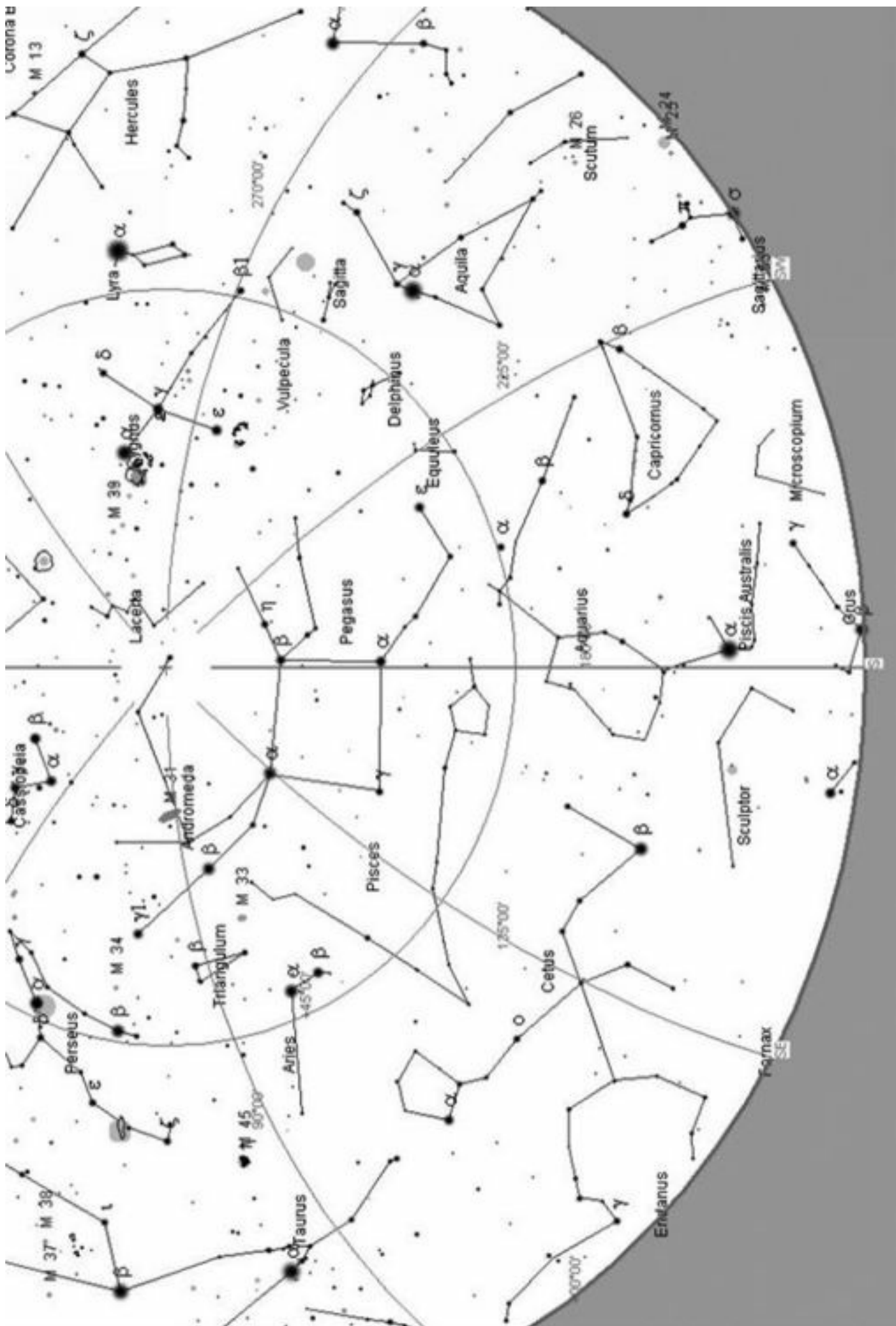
Proprio a sud, poco alta sull'orizzonte, noterete una stella dall'inconfondibile color arancio piuttosto brillante: si tratta di Antares, cuore della costellazione dello Scorpione, tra le figure del cielo più facili e suggestive da riconoscere.

Alla sua sinistra, ovvero verso est, si trova il centro della nostra Galassia e la costellazione del Sagittario. Questa è una zona ricchissima di ammassi stellari e nebulose, alcune, come la nebulosa Laguna (M8), visibili anche a occhio nudo.

Sopra la vostra testa noterete una bianca e brillante stella che vi accompagnerà per qualche mese: si tratta di Vega, la stella più luminosa di queste notti estive, appartenente alla costellazione della Lira. Vega è una stella di colore bianco perfetto, dalla magnitudine pari alla 0. Non molto lontano, in piena Via Lattea, troviamo un'altra stella brillante, sebbene visibilmente meno di Vega: Deneb, della costellazione del Cigno. Più in basso Altair, della costellazione dell'Aquila, chiude il cosiddetto triangolo estivo, formato proprio da queste tre stelle brillanti facilissime da osservare anche da cieli non perfettamente scuri.

Visione della Via Lattea estiva da un cielo scuro, guardando verso sud alle 23 del 15 Luglio.

Il triangolo estivo è l'asterismo inconfondibile delle notti estive. Formato dalle stelle Vega (Lira), Deneb (Cigno) e Altair (Aquila), è al centro del disco della Via Lattea e consente di individuare numerose costellazioni.

Paradossalmente, in un cielo davvero scuro è abbastanza complicato da distinguere, a causa della grande quantità di deboli stelle, strutture e nebulose presenti in questa zona celeste.

Il cielo autunnale

M 37
M 38
Perseus
Cassiopeia
Lacerta
M 39
Lyra
Hercules
M 13
M 34
Andromeda
Triangulum
M 33
M 45
Taurus
Aries
Pisces
Pegasus
Vulpecula
Sagitta
Delphinus
Equuleus
Aquila
Cetus
Aquarius
M 26
Scutum
Eridanus
Capricornus
Sculptor
Piscis Australis
Fornax
Sagittarius
Microscopium
Grus
SE
S
SW

Le notti autunnali segnano la transizione tra il cielo estivo e quello invernale.

Nei mesi di Ottobre e Novembre, attorno alle 22, a ovest e nord-ovest troverete le costellazioni estive che si accingono al tramonto.

Ad est Toro, Gemelli e Auriga segnano l'approssimarsi dell'inverno. Dopo le 23 anche Orione comincerà a sorgere, seguito, circa un'ora dopo, da Sirio.

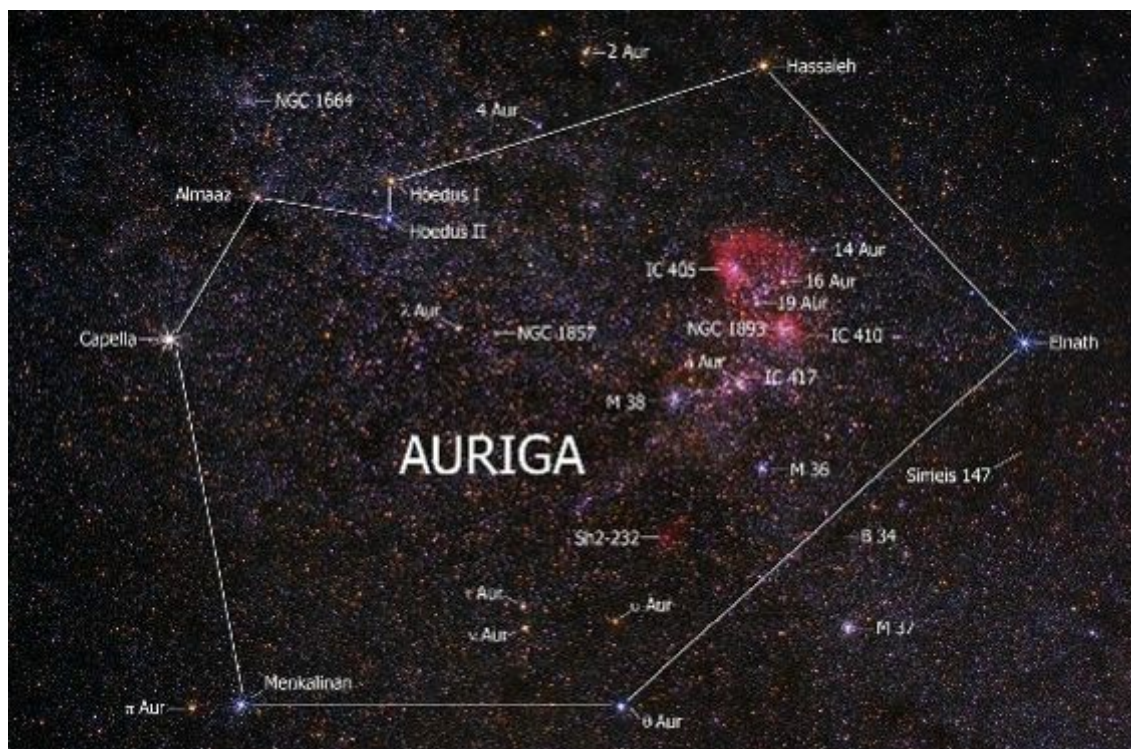
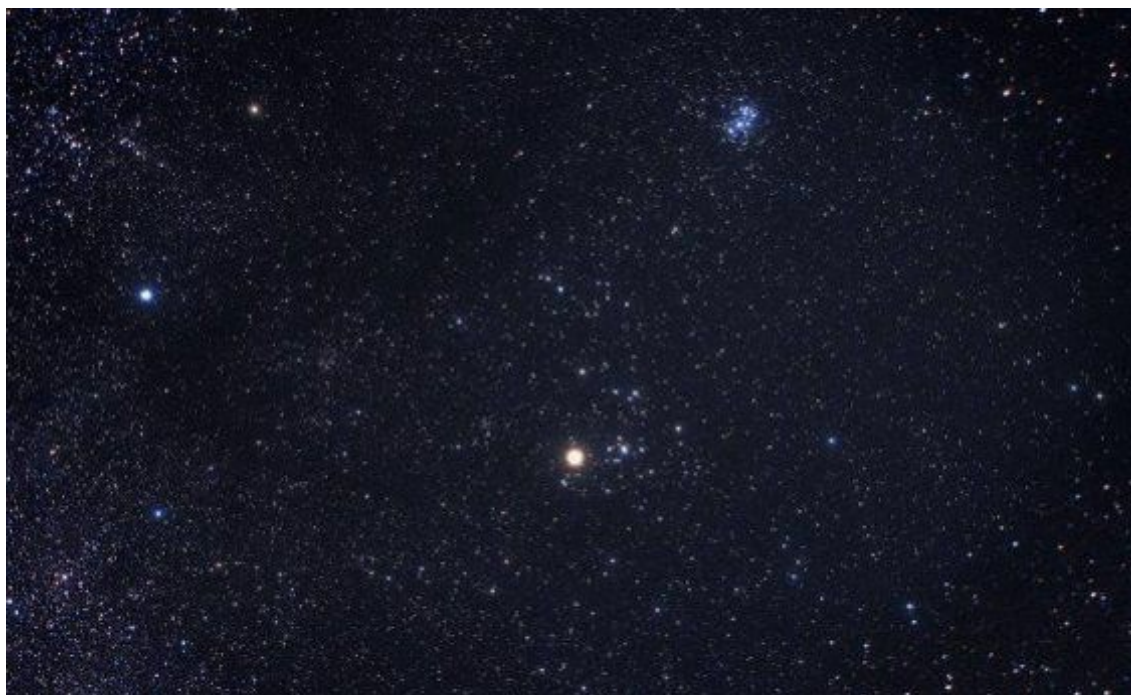
Proprio sopra la nostra testa si può riconoscere la costellazione di Andromeda, nella quale osservare a occhio nudo la grande galassia di Andromeda, l'oggetto extragalattico a noi più vicino, nonostante i suoi 2,3 milioni di anni luce.

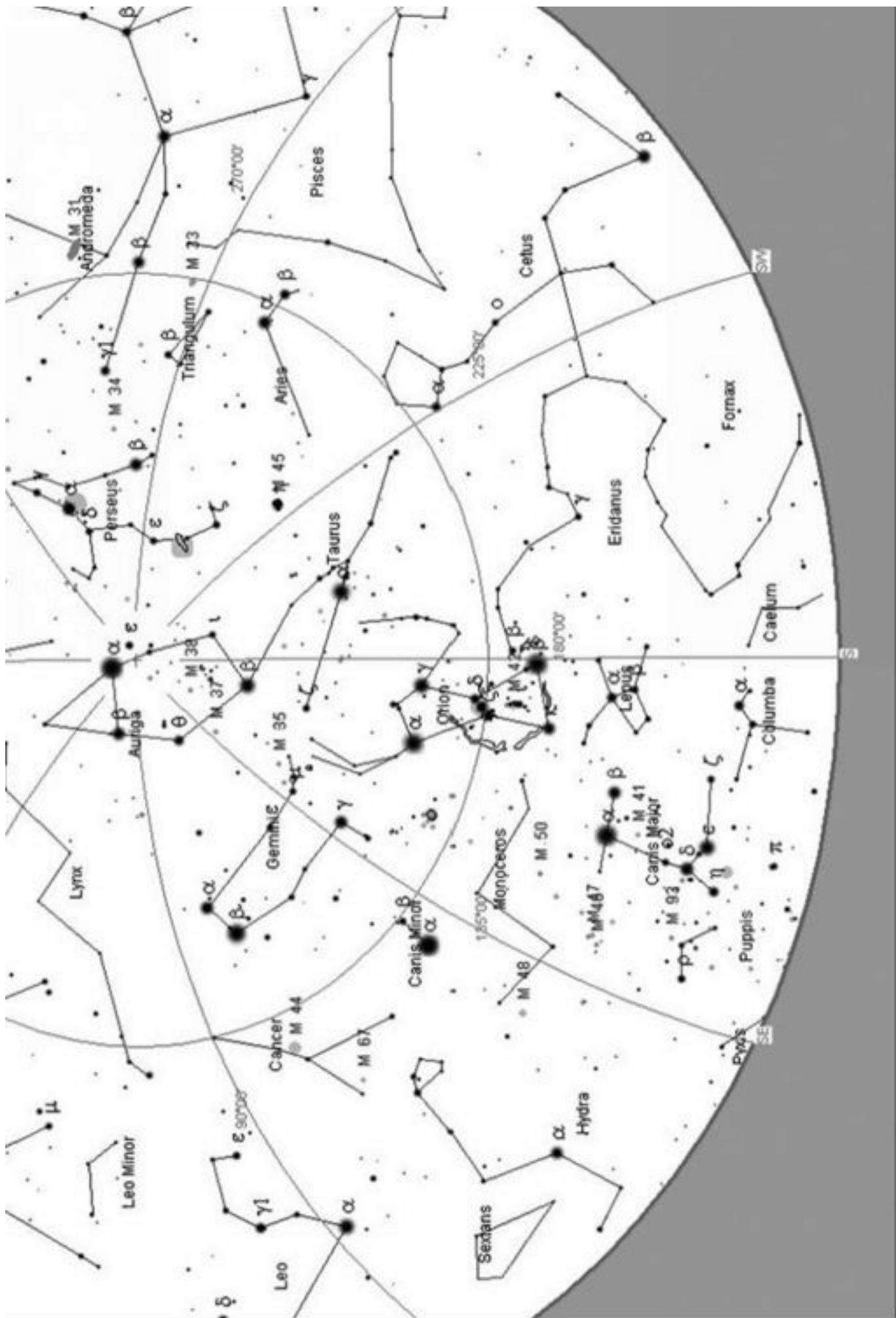
La luce che possiamo osservare ha lasciato le oltre 200 miliardi di stelle che formano questa galassia quando ancora non esisteva traccia alcuna di civiltà e i primi australopitechi (antenati dell'uomo) attraversavano la steppa africana.

Proprio attaccato alla costellazione di Andromeda troviamo il grande quadrato della costellazione di Pegaso, a dire la verità non molto somigliante al famoso cavallo alato. Curiosamente le due costellazioni condividono una stella; si tratta della alpha di Andromeda, la più luminosa.

Verso nord il grande carro si trova nel punto più basso sull'orizzonte. Trattandosi di una costellazione circumpolare non tramonta mai alle nostre latitudini.

Esattamente dalla parte opposta rispetto alla Polare, quindi altissima in cielo, si trova la bellissima e inconfondibile W di Cassiopea. Nelle vicinanze troverete Perseo, altra stupenda costellazione; entrambe sono immerse nella Via Lattea invernale, meno spettacolare di quella estiva ma sempre interessante, che inesorabilmente nel corso delle settimane successive prenderà il

posto delle lontane galassie che ci regala il cielo autunnale.

La costellazione del Cocchiere (Auriga), contraddistinta dalla brillante stella Capella, è facile da identificare nel cielo autunnale. Situata in piena Via Lattea, la costellazione è ricca di astri brillanti, nebulose e ammassi aperti, alcuni visibili anche a occhio nudo.

La costellazione del Toro è dominata dalla brillante Aldebaran. In alto, le Pleiadi somigliano a un carro in miniatura.

Il cielo invernale

È arrivato l'inverno, con il suo carico di freddo ma anche di cieli cristallini grazie al vento secco di tramontana.

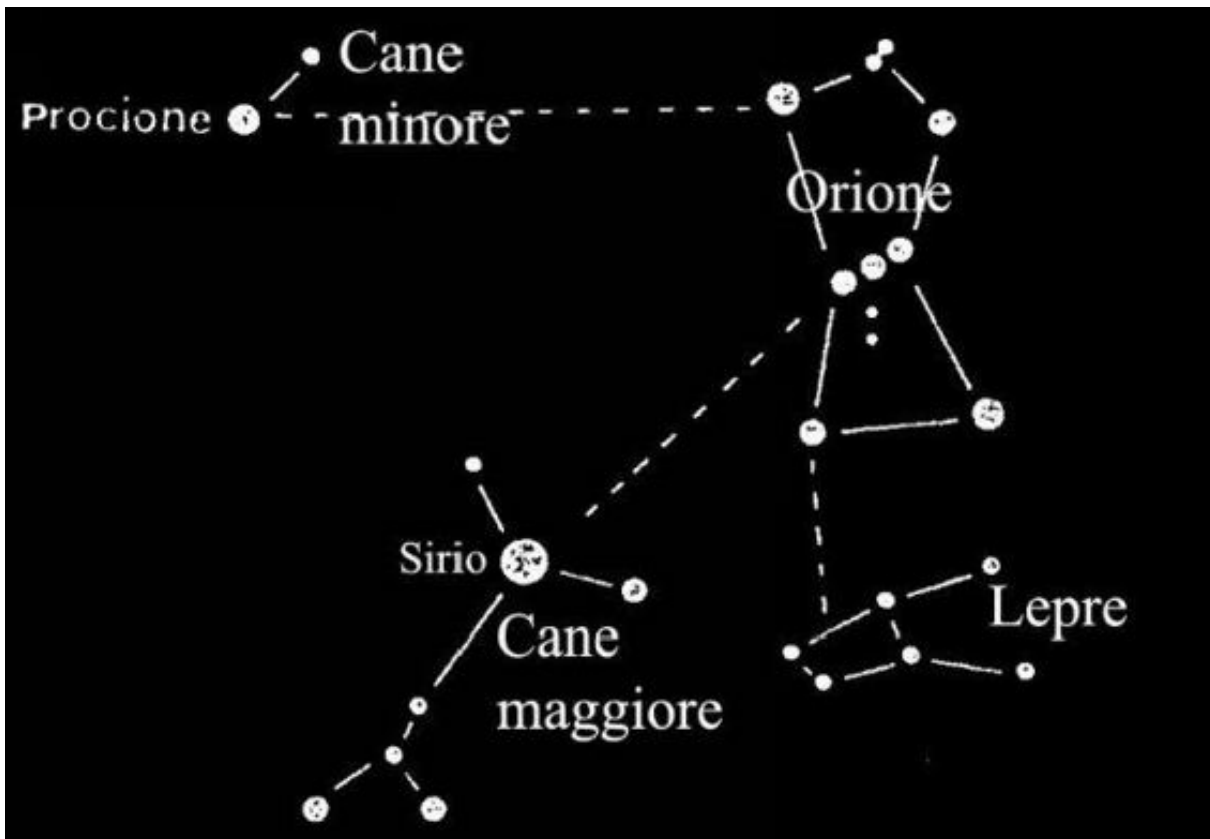
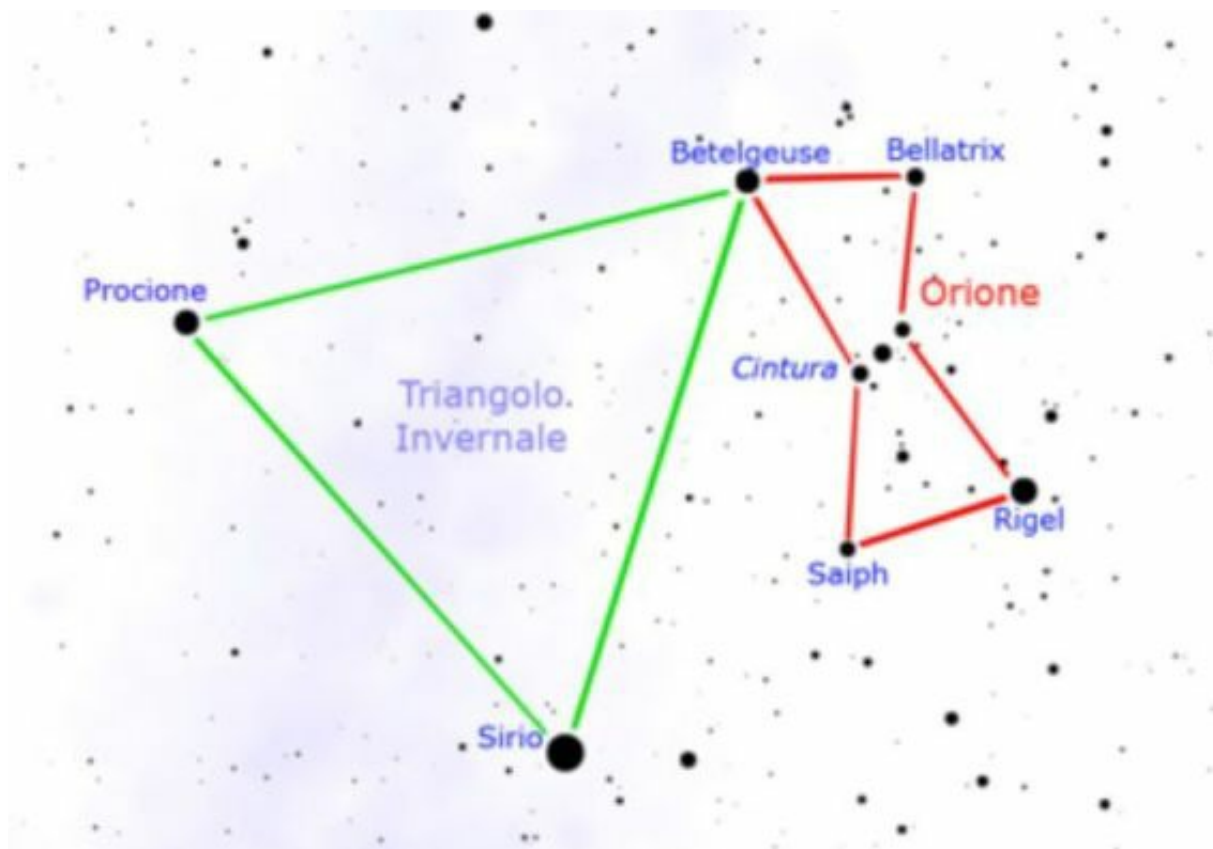
Le osservazioni possono iniziare già alle 18 e ci si può gustare una notte lunga oltre 12 ore. È molto importante indossare l'abbigliamento giusto per l'osservazione del cielo. Non è sufficiente la giacca a vento che indossate per uscire di giorno, ma vestiti ben più pesanti. Molti astrofili indossano una tuta da sci e sotto di essa maglie e calzini di lana. Coprire il viso e soprattutto le mani è fondamentale, così come mantenere al caldo i piedi, le parti del corpo più esposte al freddo della notte. Non sottovalutate mai l'importanza del giusto abbigliamento e l'entità del freddo, perché esso arriva lentamente durante la notte, senza che voi ve ne rendiate conto: meglio abbondare vestendosi pesanti che abbandonare le osservazioni perché non riuscite a scaldarvi.

Verso la metà di Gennaio, quando il Sole è tramontato e il cielo diventa buio, in direzione sud-est notiamo subito una stella molto brillante, la prima ad accendersi dopo le luci del tramonto: si tratta di Sirio, la più brillante di tutto il cielo, eppure oltre 2 volte più debole di Giove e 14 più di Venere!

Sirio è comunque evidente ed è la componente principale della costellazione del Cane maggiore, facile da identificare quando il cielo diventa buio. Questa stella è una delle più vicine al Sole, solamente 8,6 anni luce, circa 80 mila miliardi di km, un'enormità per le distanze terrestri, ma ben poca cosa per la scala dell'Universo.

Da Sirio è facile puntare direttamente sulla costellazione più bella e appariscente di tutto il cielo, a una ventina di gradi a nord-ovest: Orione, con le tre stelle della cintura disposte in modo inconfondibile ed emozionante. La costellazione di Orione

è una delle più belle di questo squarcio di cielo invernale, una vera e propria gemma che brilla soprattutto durante le serate spazzate dalla tramontana che ripuliscono il cielo da smog e foschie.

Da Orione, circa 20° ad est troviamo la piccola costellazione del Cane minore, formata da sole due stelle, di cui una, Procione, piuttosto brillante in una zona abbastanza povera di altri astri.

Qualche semplice spostamento tra le stelle invernali per individuare le costellazioni più luminose e belle del periodo. Le figure di Orione, del Cane maggiore e minore sono piuttosto evidenti e facili da rintracciare senza alcuna difficoltà.

La stella Betelgeuse, facente parte della costellazione di Orione, è facile da identificare, grazie anche alla sua colorazione tipica. Con Sirio, la stella più brillante del cielo, e Procione, del Cane minore, individuano i vertici di un grande triangolo nel cielo invernale, molto facile da riconoscere.

In Orione possiamo osservare la nostra prima nebulosa: si tratta di M42, meglio nota come grande nebulosa di Orione, identificabile come una stella leggermente sfocata nel cuore della spada di Orione, a sud della cintura composta da tre stelle di luminosità simile, al centro della costellazione.

La stella più interessante della costellazione è senza dubbio Betelgeuse (mag. + 0,58, leggermente variabile), gigante rossa 100 volte più grande del Sole, posta sullo spigolo in alto a sinistra del quadrilatero che identifica il cacciatore mitologico. Betelgeuse è giunta nelle fasi finali della propria vita, tanto che gli astronomi si aspettato da un momento all'altro (da qui a un milione di anni) una sua spettacolare esplosione, che per un mese intero la renderà molte volte più brillante della Luna piena: un

saluto in grande stile prima di lasciarci per sempre e rendere orfana la costellazione di una delle sue stelle più brillanti.

Sulla diagonale rispetto a Betelgeuse troviamo Rigel, leggermente più luminosa (mag. + 0,12), stella azzurra con età e proprietà fisiche molto diverse, la sesta più brillante del cielo.

Ad una distanza simile tra Sirio e Betelgeuse, ma verso nord-est, troviamo un’altra stella abbastanza luminosa, con magnitudine compresa tra quella di Betelgeuse e Rigel: si tratta di Procione, della già citata costellazione del Cane minore.

Procione, Sirio e Betelgeuse identificano in cielo un triangolo, detto triangolo invernale, in analogia con quello estivo formato da Deneb, Vega e Altair.

A nord di Orione troviamo alcuni astri tipici di questa stagione.

La costellazione del Toro, con la rossa Aldebaran, e il piccolo gruppo formato dalle Pleiadi, denominate anche le sette sorelle.

Un cielo buio e un occhio medio individua facilmente 7 componenti, mentre gli occhi più allenati riescono tranquillamente a vederne 9 e forse anche di più.

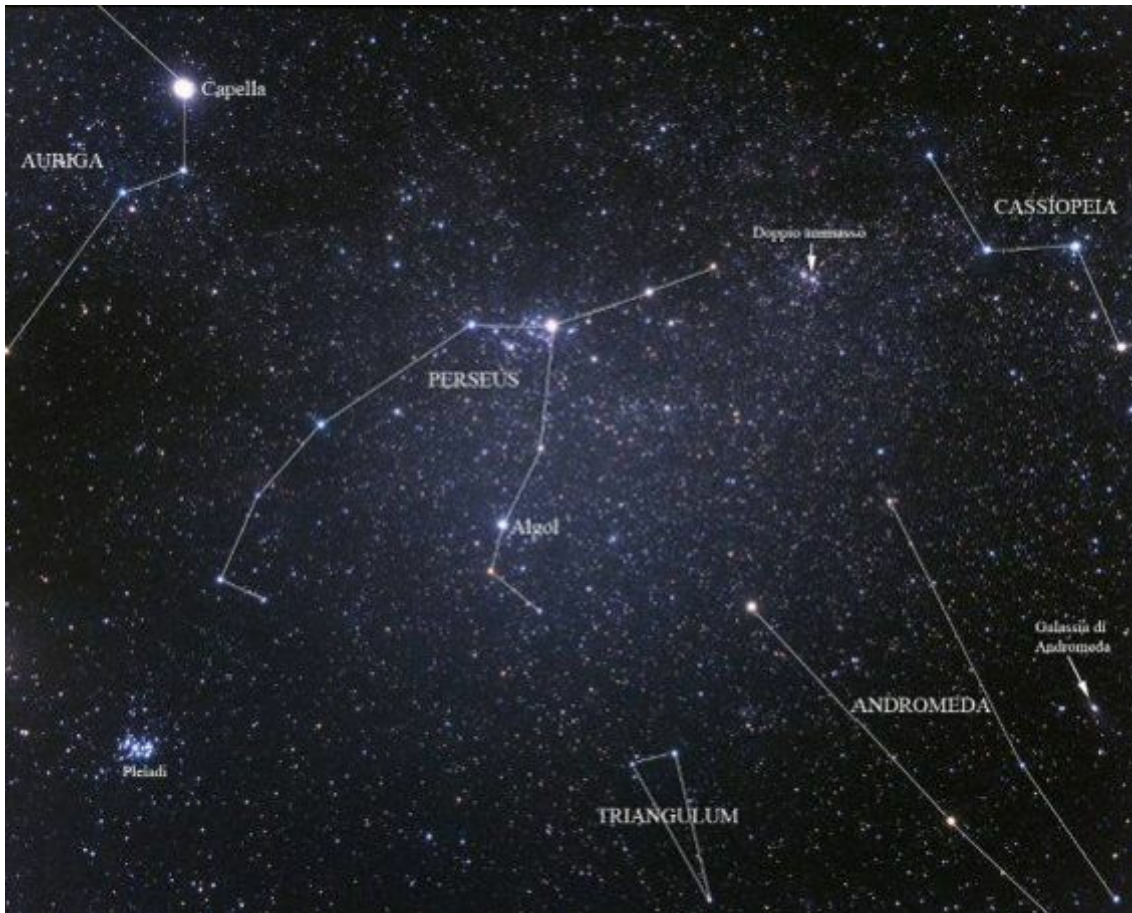
Ad est della costellazione del Toro troviamo due stelle brillanti: Castore e Polluce, gemelli mitologici facenti parte della costellazione zodiacale dei Gemelli.

Ancora più in alto Capella, stella arancio, domina la costellazione dell’Auriga, passando quasi esattamente allo zenit.

In questa costellazione, nel pieno della Via Lattea invernale, possiamo osservare numerosi ammassi aperti, alcuni visibili a occhio nudo, tutti facili preda di un binocolo.

Rivolgendo lo sguardo verso nord, il grande carro comincia lentamente a risalire nel cielo. Perseo si trova quasi sopra la testa, non lontano dall’Auriga, con il doppio ammasso ben visibile a

occhio nudo.

Cassiopea, invece, sta lentamente abbassandosi verso l’orizzonte, che comunque non raggiungerà mai, poiché è anche essa una costellazione circumpolare.

La costellazione del Perseo domina le notti invernali, passando quasi sopra la testa degli osservatori italiani. Dalla sua figura possiamo facilmente rintracciare l’Auriga, la W di Cassiopea, Andromeda, con la grande galassia perfettamente visibile e, dalla parte opposta, l’inconfondibile forma delle Pleiadi.

Costellazioni

Questa rubrica è tratta dal libro: “La mia prima guida del cielo”.

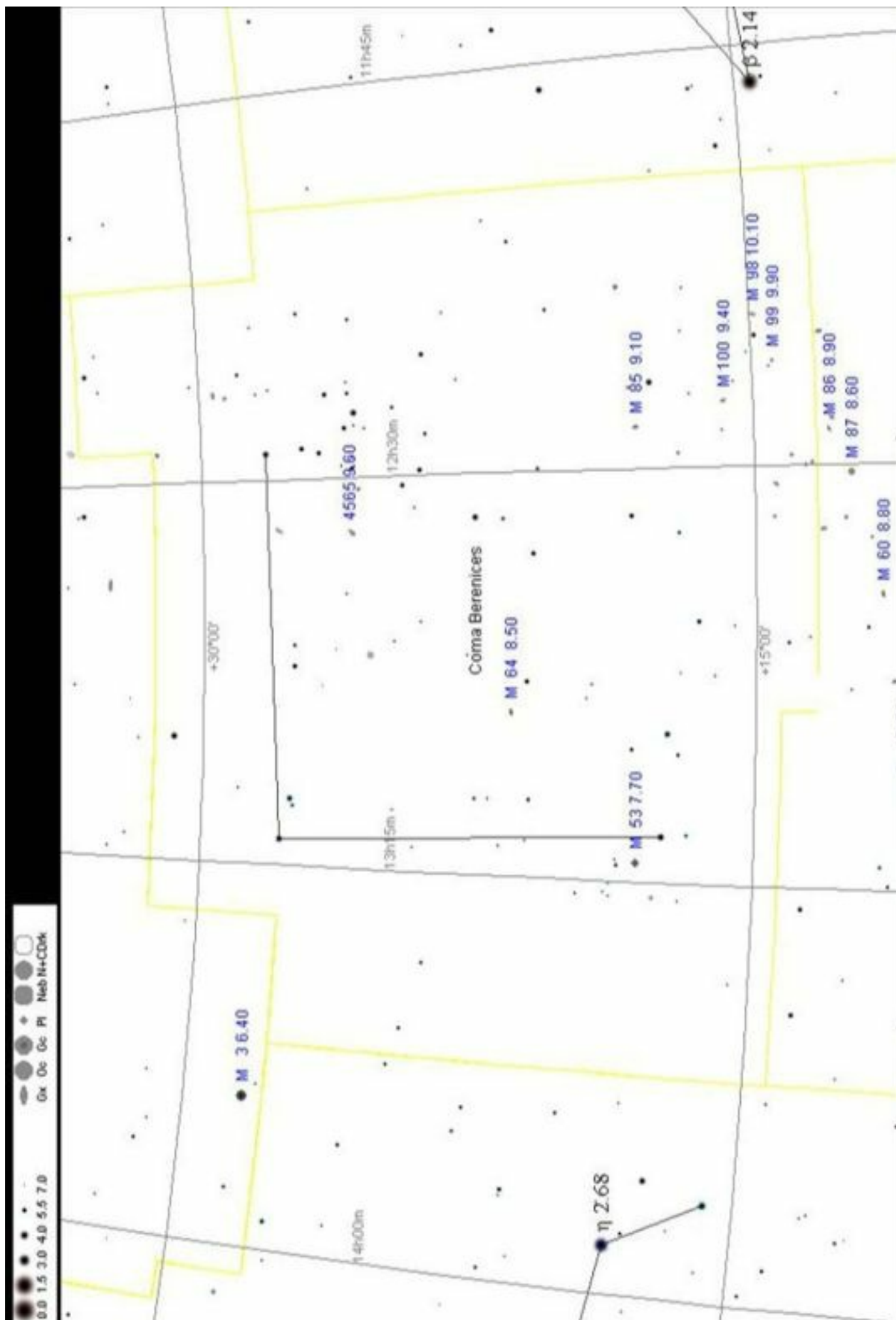
Se avete un telescopio, magari da poco tempo, e volete cercare degli oggetti che non sapete come trovare, questa è la sezione che fa per voi.

Ogni mese, compatibilmente con il periodo dell'anno in cui verrà rilasciato il nuovo numero, troverete uno zoom su due costellazioni interessanti, con una mappa contenente stelle fino alla magnitudine 7 e oggetti fino alla magnitudine 11, una breve descrizione, un cenno ai racconti mitologici (qualora presenti) e una lista, completa di immagini e disegni, degli oggetti del cielo profondo più facili da osservare.

Tutti gli oggetti deep-sky elencati sono alla portata anche di un piccolo strumento da 10 centimetri di diametro, e se avete una buona vista e un cielo scuro anche di un classico binocolo 10X50.

Non troverete immagini professionali, ma spesso disegni effettuati da altri osservatori con telescopi amatoriali. In questo modo spero di evitarvi il pericolo più grande dell'astronomia pratica: creare false aspettative.

L'osservazione visuale, infatti, non è neanche lontana parente della fotografia astronomica, in particolare per quanto riguarda i colori, invisibili quasi completamente con qualsiasi telescopio si osservi. Ma l'idea di poter osservare con i propri occhi, attraverso il proprio strumento, e quasi toccare quell'indistinto batuffoletto irregolare, che in realtà è un oggetto reale, posto a distanze inimmaginabili e di dimensioni inconcepibili appartenente a un Universo meravigliosamente perfetto, regala una soddisfazione che nessuna macchina fotografica o schermo di computer potranno mai regalare, né ora, né mai.

Coma Berenices – Chioma di Berenice	In meridiano alle 22 del 1 Maggio

Descrizione

Berenice era la moglie del faraone Tolomeo III, la quale aveva promesso di sacrificare ad Afrodite la sua bella chioma bionda se il marito fosse tornato indenne dalla guerra. Il marito torno e lei si tagliò la sua chioma, che fu posta nel tempio, ma dopo poco sparì. L'aveva presa Afrodite, rimasta colpita da quel dono, che lo mise nel cielo e lo rese così immortale.

La Chioma di Berenice è una costellazione poco appariscente ma che in cielo occupa un'area ricchissima di deboli galassie, molte facenti parte dell'ammasso della Vergine. Un telescopio di almeno 80 mm vi mostrerà decine di piccoli fiocchetti in un'area di cielo di una decina di gradi, che si estende anche e soprattutto fino alla vicina costellazione della Vergine.

Oggetti principali

M64: Galassia a spirale abbastanza luminosa da rendersi visibile con ogni strumento. La particolarità, che le ha valso il nome, è una striscia oscura di polveri che attraversa e oscura in parte il nucleo brillante. “L’occhio nero” è visibile, seppure a fatica, con uno strumento di 100 mm. Per molte galassie deboli, un diametro strumentale maggiore fa apparire l’oggetto più luminoso, ma raramente mette in mostra molti più dettagli, a meno di non avere a disposizione un dobson superiore ai 300 mm.

M100: Galassia a spirale, questa volta vista di fronte. Appare di forma quasi perfettamente sferica, con un nucleo molto brillante, tanto da offuscare l’alone esterno se osservata con strumenti minori di 100 mm. Benché meno luminosa e angolarmente meno estesa, è più facile da osservare rispetto a oggetti più brillanti e vicini, come le elusive M101 ed M33.

M88: Altra galassia a spirale, di luminosità simile ad M100, vista più di profilo e per questo motivo leggermente più allungata. Ottimo obiettivo di uno strumento da 200 mm.

M53: Piccolo e debole ammasso globulare tra una giungla di galassie. Facilissimo da rintracciare immediatamente a est della stella α, ha un ridotto diametro angolare e risulta meno spettacolare di tanti altri “colleghi”.

NGC4565: Una bellissima e luminosa galassia a spirale vista di profilo. Si tratta di un oggetto spettacolare che appare allungatissimo e con un nucleo non troppo brillante. Uno

strumento da 200 mm regala un'immagine bellissima, con una sottile banda oscura che divide a metà il disco.

Se il cielo è scuro si ha la sensazione di osservare una specie di disco volante fluttuare nello spazio. Pensate che questo disco è distante 52 milioni di anni luce e come tutte le altre galassie contiene miliardi di stelle e di pianeti.

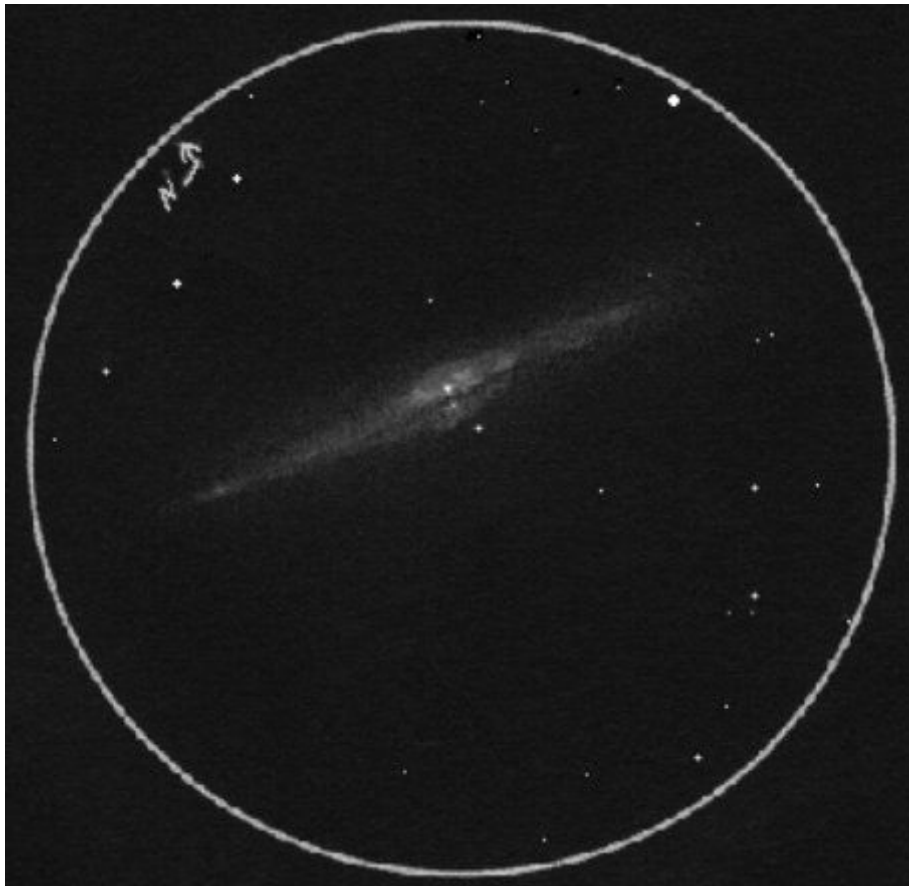
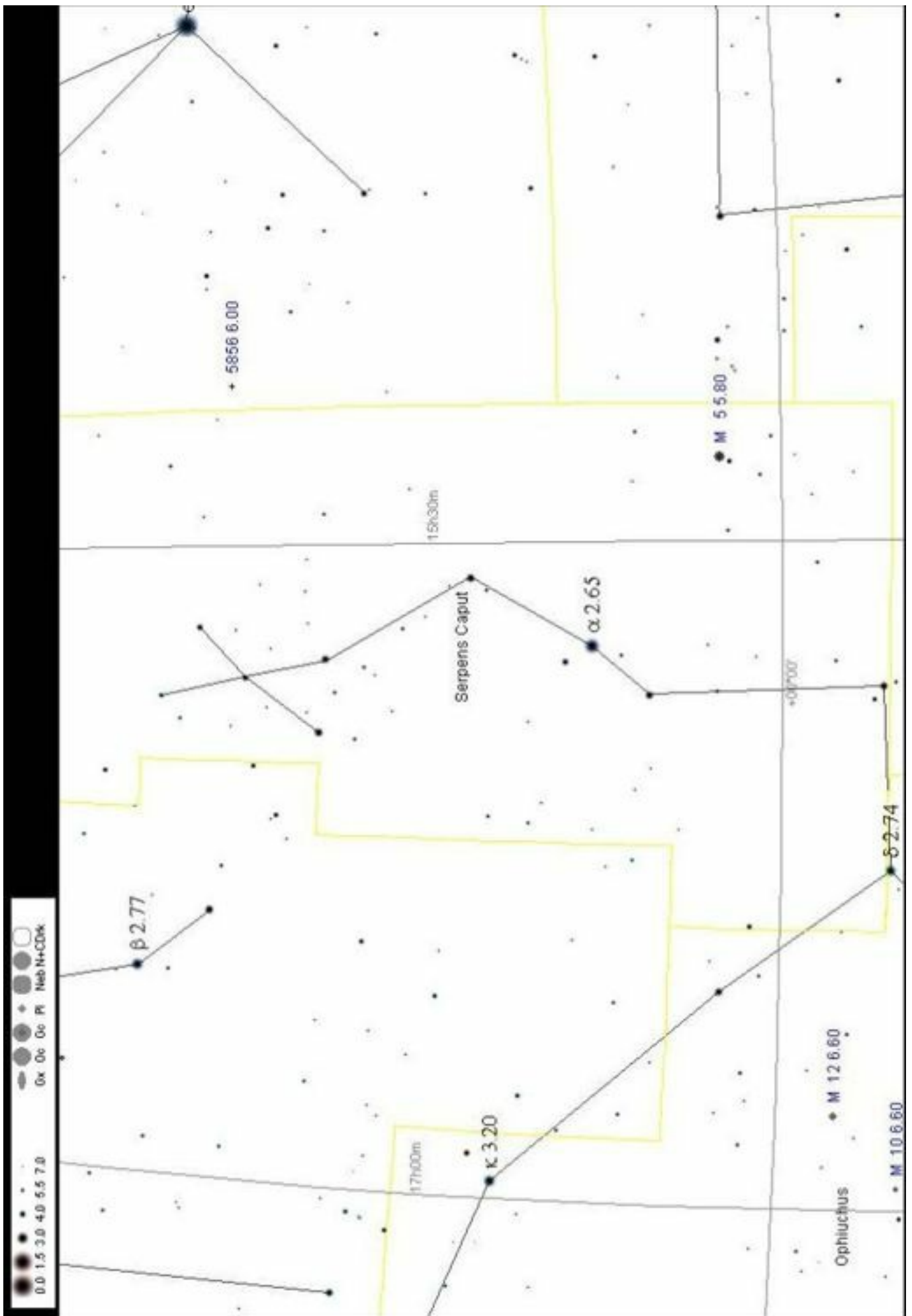
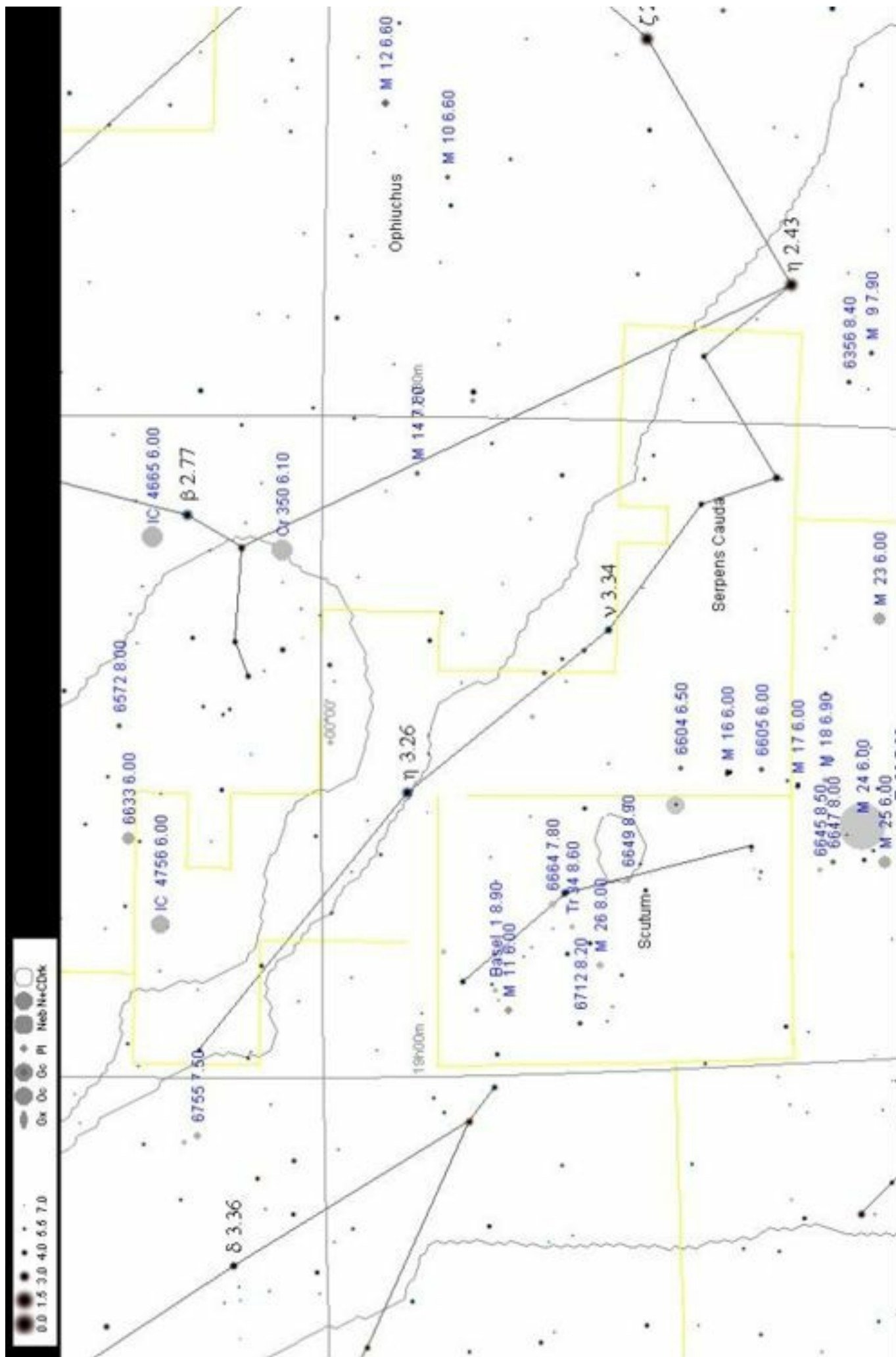
La Via Lattea, se vista di profilo, non dovrebbe essere troppo dissimile da questo spettacolare disegno cosmico.

La splendida spirale NGC4565 come appare attraverso uno strumento da 250 mm e 100 ingrandimenti.

Immagine a lunga esposizione di NGC4565 eseguita con uno strumento da 250 mm. Notate le differenze con il disegno sopra.

Serpens – Serpente	In meridiano alle 22 del 20 Giugno (testa) e del 20 Luglio (coda)

0.0 1.5 3.0 4.0 5.5 7.0
Gx Oc Gc Pl Neb N+CDrk
β 2.77
5856 6.00
17h00m
15h30m
Serpens Caput
κ 3.20
α 2.65
M 5 5.80
+00°00'
Ophiuchus
M 12 6.60
M 10 6.60
δ 2.74

Descrizione

Il Serpente è sempre stato un animale molto presente nelle antiche culture, da quelle ebraiche a quelle greche e romane.

È l’unica costellazione divisa in due, separata dal Serpentario (Ophiucus), con il quale un tempo formavano un’unica grande figura.

Abbastanza facile da osservare, soprattutto la testa (Caput), a ovest del Serpentario.

Oggetti principali

M5: Splendido ammasso globulare. Semplice da identificare con ogni binocolo, rivela le sue stelle a telescopi di almeno 150-200 mm. È uno degli ammassi più concentrati, tanto che sono richiesti ingrandimenti oltre le 100 volte per risolvere le dense regioni centrali.

M16: Chiamata anche nebulosa Aquila, questa grande nube di gas incandescente assume vagamente la forma dell'elegante rapace se osservata con uno strumento da 200 mm. Al suo interno si trova un giovane ammasso aperto: un quadro magnifico con ogni strumento, sebbene la nebulosità risulti debole con diametri modesti. Un filtro nebulare, oppure, ancora meglio, uno centrato sulla riga dell'ossigeno ionizzato due volte (OIII), aiuta non poco a staccare questa e tutte le altre nebulose ad emissione dal fondo cielo, a patto, naturalmente, che sia scuro!

NGC6604: Ammasso aperto ad appena 1,5° a nord di M16, immerso in un ricchissimo campo di stelle. Facile da localizzare con un binocolo, mostra le sue gemme composte da brillanti e giganti stelle blu a telescopi di almeno 70 mm.

La nebulosa Aquila come appare in uno strumento di 150 mm a 40 ingrandimenti.

Astrofotografia

Questa classica sezione sarà il contenitore nel quale convoglieranno preziosi consigli su come intraprendere la difficile ma estremamente appagante strada della fotografia astronomica.

Inizieremo dal basso, da alcune semplici applicazioni, per poi giungere, insieme, alle tecniche necessarie per ottenere le splendide immagini che è possibile ammirare in rete.

Se volete approfondire vi consiglio il libro: "Tecniche, trucchi e segreti dell'imaging planetario" per la fotografia dei pianeti, o: "Tecniche, trucchi e segreti della fotografia astronomica" per riprendere nebulose, galassie e ammassi stellari, con o senza telescopio.

La fotografia a grande campo e lunga esposizione

La fotografia a grande campo con gli obiettivi fotografici a corta focale, che mostri stelle puntiformi e non più delle strisciate, è relativamente semplice da realizzare ma questa volta abbiamo bisogno di una minima attrezzatura di base.

In effetti ora l'esigenza principale è solamente una: cercare di bilanciare in qualche modo il movimento della sfera celeste.

Questa interessante applicazione della fotografia astronomica è chiamata in parallelo per una ragione molto semplice: non si utilizza direttamente il telescopio ma si sfrutta solamente la capacità della montatura equatoriale di bilanciare il moto di rotazione terrestre.

L’occorrente

L’attrezzatura di base è semplice e per niente costosa, contrariamente a quanto si possa credere.

Prima di tutto ci serve una fotocamera digitale di tipo reflex, con obiettivi intercambiabili e il controllo completo su alcuni parametri fondamentali come l’esposizione e il rapporto focale.

Ottime scelte sono rappresentate dalle fotocamere reflex (dette anche DSLR) prodotte dalla Canon, ma se disponete di una delle concorrenti non ci sono affatto problemi.

Non sono necessari corpi macchina costosi, quelli entry-level vanno benissimo.

Per le prime applicazioni potremmo utilizzare anche lo scarso obiettivo fornito a corredo, di solito uno zoom 18-55mm, poi con il tempo potremo acquistare obiettivi di miglior fattura. Benché allettanti, i teleobiettivi superiori a 80-100mm sono da evitare perché potrebbero subentrare problemi con l’inseguimento della montatura. Questo sarà un passo che faremo più avanti, per ora accontentiamoci di fotografare il cielo a grande campo. Fidatevi: non è per niente riduttivo e i risultati possono essere spettacolari.

Se disponiamo di una reflex Canon, più avanti potremo anche pensare di sottoporla a una modifica per l’astronomia particolarmente vantaggiosa. Tutti i sensori digitali, infatti, sono sensibili anche all’infrarosso vicino, ma i produttori, per restituire colori più vicini possibile alla realtà, inseriscono un filtro che taglia questa parte dello spettro elettromagnetico e una buona porzione di rosso, proprio quella in cui le nebulose a emissione emettono gran parte della luce. La modifica consisterebbe allora nel sostituire il filtro originale con uno appositamente progettato per l’astronomia, naturalmente da far

eseguire da laboratori attrezzati.

Nella fotografia in parallelo il telescopio si usa solamente come supporto per la macchina fotografica, rigorosamente reflex o camera CCD, munita di un obiettivo di focale compresa tra 30 e 100 mm.

Per iniziare, comunque, non c'è bisogno; al massimo otterremo immagini povere di rosso, ma magari fosse questo il nostro problema principale!

Un accessorio che non può mancare per la reflex è il telecomando per lo scatto remoto (una volta si chiamava scatto flessibile), che ci permette di utilizzare il tempo di esposizione contrassegnato dalla sigla "bulb", cioè lungo a piacimento dell'utente. Senza lo scatto remoto la posa bulb deve essere eseguita tenendo premuto il pulsante di scatto, con conseguenze naturalmente disastrose sulla stabilità dell'apparato. Senza lo scatto remoto non si possono utilizzare tempi superiori a 30 secondi senza toccare la fotocamera, troppo pochi per le nostre esigenze.

L'altro componente insostituibile è rappresentato dalla

montatura equatoriale, che deve essere motorizzata.

Non sto parlando di una super montatura piena di elettronica, ma anche di un semplice ed economico supporto in grado di bilanciare il moto terrestre con un motorino a batteria.

Non sono adatti i supporti altazimutali, né le montature computerizzate a forcella che equipaggiano molti piccoli riflettori e Schmidt-Cassegrain: ci serve per forza un'equatoriale.

Se abbiamo già un telescopio su supporto equatoriale motorizzato, allora non ci sono problemi: collegheremo la fotocamera sopra lo strumento, dove di solito si trova una vite apposita per l'aggancio. Se il telescopio non ne è provvisto, questo accessorio si può comprare presso tutti i rivenditori specializzati in materiale astronomico.

Se non abbiamo il telescopio e siamo interessati solamente a questo tipo di fotografia, allora la scelta migliore è quella di acquistare una piccola montatura, tipo una EQ2 dotata di motorino di inseguimento. Questo supporto è completo, leggero (io l'ho trasportato fino in Australia), economico (meno di 200 euro) e sufficientemente preciso da consentire tempi di esposizione anche di 10 minuti con le modeste focali degli obiettivi delle reflex. Da non sottovalutare la completa indipendenza elettrica: il motorino è alimentato a batterie che possono durare anche una settimana e noi potremo spostarci agilmente ovunque alla ricerca del cielo più scuro possibile.

Certo, perché questo tipo di fotografia per dare il meglio di sé deve essere effettuata in totale assenza di Luna e da un luogo più lontano possibile dalle nostre luminose città.

Cosa succede se scattiamo da un luogo affollato di lampioni? Che facilmente la fotografia risulterà completamente bianca, in gergo si dice saturata.

Un cielo scuro, a maggior ragione ora che utilizziamo obiettivi dal grande campo, è l’elemento fondamentale per queste applicazioni: non dimentichiamolo mai.

Stazionare la montatura

Avere a disposizione tutti gli ingredienti non ci garantisce affatto la buona riuscita delle immagini, soprattutto per quanto riguarda la montatura equatoriale.

Per funzionare in modo corretto e seguire il moto apparente delle stelle, il supporto deve essere stazionato, cioè correttamente orientato nel cielo.

Vedremo meglio questa fase in uno dei volumi successivi nella sezione neofiti; per ora accontentiamoci di una spiegazione rapida finalizzata al nostro obiettivo.

Ogni montatura possiede un asse, detto asse polare, che ne rappresenta la struttura portante; questo va inclinato attraverso apposite manopole di un angolo pari alla latitudine del luogo di osservazione. L'angolo è di circa 42° per Roma, 44° per Milano.

Prima di inclinare la montatura, assicuratevi che il treppiede poggi esattamente in piano. La cosiddetta messa in bolla è un modo comodo per evitare complicazioni.

Lo stazionamento vero e proprio si effettua puntando l'asse polare verso il polo nord celeste, indicato orientativamente dalla stella Polare, distante meno di un grado da questo punto immaginario.

Se l'inclinazione dell'asse polare è corretta e il telescopio messo in bolla, dovrete solamente ruotare la base della montatura in orizzontale (azimut), verso la stella Polare, senza agire sulla sua altezza e senza spostare il treppiede (altrimenti addio messa in bolla!).

Una volta eseguito lo stazionamento non si devono più toccare questi movimenti perché l'asse polare deve rimanere sempre nella stessa orientazione. L'oggetto si punta sbloccando

gli assi adibiti ai movimenti: non preoccupatevi se sembrano strani, vuol dire che lo state facendo nel modo giusto!

La struttura portante della montatura equatoriale è l'asse polare, che va orientato verso la stella polare agendo sui movimenti posti alla base del supporto.

Scattare

Con la montatura stazionata e operativa (non dimenticate di accendere il moto orario, altrimenti le stelle non verranno inseguite!) e la fotocamera montata sul telescopio o sulla montatura stessa, possiamo passare alla fase preparatoria allo scatto, completamente diversa rispetto alle normali fotografie naturalistiche.

Prima di tutto dobbiamo impostare il formato con cui scattare le foto: per le prime applicazioni va bene il classico jpg, ma sarebbe meglio far salvare le immagini in formato grezzo (raw), anche se non tutti i software lo leggono agevolmente. La scelta migliore è impostare il salvataggio nel doppio formato jpg e raw, così poi possiamo scegliere come procedere in fase di elaborazione.

Ora colleghiamo lo scatto remoto e impostiamo la programmazione manuale perché dobbiamo avere il controllo completo di tutte le impostazioni.

Quali sono le regolazioni critiche da fare?

Sensibilità: da aumentare a 400 o 800 ISO se il cielo è molto scuro.

Rapporto focale (diaframma): minore possibile. Di luce ce n'è poca e noi dobbiamo catturarla tutta, quindi obiettivo aperto al massimo.

Obiettivo: se abbiamo uno zoom, per iniziare è meglio stare sui 18 mm. Scattare con focali minori presenta sempre meno difficoltà.

Esposizione: posa bulb (o B), da attivare con il telecomando.

Bene, ora puntiamo la zona di cielo e prepariamoci con tanta pazienza per la fase più delicata: la messa a fuoco.

I sistemi di autofocus non riescono infatti a vedere le stelle e sono quindi incapaci di mettere a fuoco correttamente, a meno che non ci siano lampioni nei paraggi che entrano nel campo (in questo caso non si dovrebbe proprio scattare!), quindi dobbiamo impostare la messa a fuoco in modalità manuale e armarci di pazienza e un po' di ingegno.

Focheggiare traguardando attraverso il mirino è un'operazione disperata; meglio seguire un'altra strada.

Tutte le fotocamere ormai dispongono della funzione "live view" che consente di vedere il campo inquadrato attraverso lo schermo LCD come nelle fotocamere compatte.

Impostiamo questa opzione, ma al primo sguardo non vedremo nulla: le stelle sono quasi tutte troppo deboli per essere visibili attraverso lo schermo.

Il punto di messa a fuoco sarà sicuramente vicino alla posizione di infinito, contrassegnata con il suo simbolo sulla ghiera dell'obiettivo. Posizioniamoci su questa posizione e poi puntiamo una stella molto luminosa o un pianeta. Ottimi candidati (già provati) sono sicuramente Giove, Sirio, Vega, Betelgeuse, Arturo, Capella.

Se non riusciamo comunque a vedere nulla, aiutiamoci con il panorama intorno a noi: tutto quello che dista più di 5-6 metri verrà messo a fuoco come le stelle (per obiettivi di 18-24 mm), quindi se ci sono luci lontane più luminose delle stelle possiamo utilizzare queste.

E se ci trovassimo in un cielo così buio da non avere neanche una luce artificiale nelle vicinanze? Se siete in Australia o in Namibia (solo qui troverete una condizione di questo tipo), dovete inventarvi qualcosa, ad esempio porre a una ventina di metri di distanza una torcia accesa e fare la messa a fuoco su di

essa (e poi ricordarvi di spegnerla!).

Se in qualche modo riusciamo a focheggiare, ripuntiamo la zona di cielo che vogliamo riprendere facendo attenzione ai movimenti: se sono bruschi la messa a fuoco può spostarsi di quel poco che basta per rovinare tutto.

Ora siamo finalmente pronti per lo scatto.

Premiamo il pulsante del telecomando remoto e lasciamo che la macchina fotografica accumuli luce per almeno 2 minuti, meglio 5.

La fotografia che otterremo ci sembrerà già un piccolo capolavoro, ma fidatevi che lo schermo della fotocamera, la notte e l'eccitazione, ingannano.

Per avere effettivamente a disposizione un'ottima immagine sarebbe molto meglio se scattassimo diverse fotografie identiche, possibilmente della stessa durata. Un ottimo risultato si raggiunge già con 5 esposizioni di 5 minuti ciascuna.

A cosa servono tanti scatti uguali?

Nella fase di elaborazione li faremo allineare e sovrapporre da un software per ottenere un'unica immagine finale decisamente migliore dei singoli scatti che l'hanno formata. Ma a questo ci penseremo quando saremo a casa; per ora godiamoci il cielo scuro e abbandoniamoci al tocco del suo abbraccio.

Provare a elaborare

La prima serata di ripresa con quello strano oggetto che è la montatura equatoriale è trascorsa e ora è il momento di capire cosa fare con le nostre immagini.

Dobbiamo elaborarle, o almeno provare a farlo.

Cosa significa in concreto? Dobbiamo usare Photoshop e creare cose che non ci sono? Assolutamente no!

Dobbiamo solamente rendere visibile nel migliore dei modi tutto il segnale che abbiamo catturato con diversi minuti di esposizione, che generalmente è molto maggiore di quanto riusciamo a vedere dall'immagine appena scattata.

Se siamo stati diligenti e scattato diverse immagini dello stesso soggetto, dobbiamo allinearle e sovrapporle per creare la fotografia finale.

Per questo scopo dovremo cominciare a smanettare un po' con qualche software gratuito. Il più intuitivo è forse Registax, nella versione 5 (non la 6!), ma anche Deep Sky Stacker si difende bene.

Non posso dirvi come fare passo passo in questo articolo, altrimenti ci vorrebbero altre venti pagine. Le operazioni comunque non sono affatto complicate.

Una volta ottenuta l'immagine finale, ora possiamo utilizzare con moderazione un qualsiasi programma di fotoritocco. Per queste prime applicazioni tutto quello che dobbiamo fare è regolare livelli e curve di luminosità e magari provare a bilanciare meglio il colore. Non c'è bisogno di altro: godiamoci il nostro piccolo grande capolavoro!

La costellazione di Orione ripresa con la tecnica della fotografia in parallelo, utilizzando un obiettivo da 70 mm e una reflex digitale alla quale è stato tolto il filtro blocca infrarossi. Posa complessiva di un'ora (somma di 6 pose da 10 minuti).

Ricerca amatoriale

Alcune parti di questa sezione sono tratte dal libro "Astrofisica per tutti: scoprire l'Universo con il proprio

telescopio”.

Se siete ormai degli astrofotografi del cielo con una certa esperienza e molta voglia di portare al limite la vostra strumentazione, magari affrontando qualche divertente ed emozionante progetto di ricerca, questa è la sezione che fa per voi. Qui, proprio come degli astronomi professionisti, partiremo alla scoperta di tutto quello che il nostro telescopio amatoriale, accoppiato ai moderni dispositivi di ripresa digitale, è in grado di regalarci oltre al mero imaging estetico. Sapete, ad esempio, che moltissime stelle variabili oltre la magnitudine 10 non sono ancora state scoperte? O che è possibile osservare la traccia di un pianeta extrasolare distante centinaia di anni luce mentre attraversa il disco della propria stella? Senza contare poi la possibilità di scoprire asteroidi, comete, supernovae, fenomeni particolari nelle atmosfere dei pianeti.

Insomma, qui, con pazienza, determinazione e curiosità si va in prima persona alla scoperta dell’Universo.

Fotometria d’apertura: teoria ed errori

La tecnica della fotometria d’apertura è concettualmente semplice e l’abbiamo affrontata in modo pratico nei volumi precedenti.

Ora, purtroppo, è necessario un approccio leggermente più teorico per comprendere e giustificare dal punto di vista scientifico i dati che andremo a produrre.

Usando un linguaggio leggermente più rigoroso, la fotometria d’apertura si effettua considerando la stella da studiare, che chiamiamo V (Variabile) e un gruppo di stelle simili in magnitudine e spettro, nello stesso campo di ripresa, che chiamiamo R_n (di riferimento o reference). Lo scopo è analizzare la variazione della luminosità di V in funzione del tempo, paragonata alle stelle di riferimento che devono essere non variabili.

In ambito astronomico si è soliti utilizzare la scala delle magnitudini come misura della luminosità delle stelle, che in gergo è detta flusso, nient’altro che l’energia ricevuta ogni secondo da una superficie di area unitaria (un centimetro quadrato o un metro quadrato).

Nel caso della fotometria d’apertura e in generale per le applicazioni pratiche, possiamo identificare con il flusso luminoso qualsiasi misura lineare della luminosità della stella, ad esempio il numero di conteggi del contatore analogico-digitale ADU (la misura della luminosità di un’immagine digitale) o i

fotoelettroni raccolti direttamente dal sensore di ripresa.

Tra magnitudine e flusso esiste una relazione, detta formula di Pogson, che permette di passare dall'una all'altra grandezza in modo semplice. In particolare, la differenza di magnitudine tra due stelle è data da:

$$\Delta m = 2{,}5 \log(F_1/F_2)$$

dove F_1/F_2 è un generico rapporto di flussi.

Prima ancora di giungere a qualsiasi conclusione, vediamo subito qual è la differenza tra queste due unità di misura. Il flusso dipende dalla stella e aumenta in modo proporzionale all'incremento di energia liberata, mentre la magnitudine è una scala che aumenta con il logaritmo della luminosità, quindi in modo NON lineare.

Continuiamo la nostra analisi della formula di Pogson.

La magnitudine dipende dal rapporto di due flussi.

Proprio perché compare una divisione, possiamo utilizzare per la misura delle differenze di magnitudine indistintamente il numero di conteggi ADU o i fotoelettroni raccolti dalla camera digitale (purché entrambi siano espressi nelle stesse unità di misura!), oppure i flussi fisici.

Consideriamo quindi la nostra stella da studiare che possiede un determinato flusso di energia, che in termini di conteggi ADU lo consideriamo pari a un generico valore C_v , e una stella di riferimento con flusso C_R. Per la formula di Pogson, la differenza di magnitudine tra le due stelle sarà:

$$\Delta m = m_V - m_R = 2{,}5 \log(C_v/ C_R).$$

È questa la chiave per capire il concetto della fotometria d'apertura. La curva di luce, cioè la luminosità della stella in funzione del tempo (l'abbiamo vista nel volume 3), si può

ottenere graficando una differenza di magnitudini, oppure il rapporto delle luminosità delle stelle, in funzione del tempo.

Se il flusso stellare è sempre una misura diretta dell'energia emessa dalle stelle, la scala delle magnitudini è definita dall'uomo e aumenta in modo logaritmico. Ne consegue che non possiamo fare operazioni semplici come l'addizione o la sottrazione utilizzando i valori in magnitudini, ad esempio per stimare gli errori o alcune grandezze associate all'evento osservato.

Un esempio aiuta a chiarire meglio la questione: se ho una stella doppia che appare come un unico oggetto, le cui componenti hanno magnitudine 2 e magnitudine 5, quale sarà la magnitudine totale del sistema? L'intuito direbbe di fare una somma: $2 + 5 = 7$. Ma è possibile che le due stelle non risolte siano più deboli delle singole componenti? Si potrebbe fare una media: $(2 + 5) / 2 = 3{,}5$, ma neanche questo è il valore giusto.

Quando è necessario manipolare i valori di luminosità sarebbe meglio operare sempre con i flussi stellari o con i loro rapporti, mai con le magnitudini, a meno che non si facciano delle approssimazioni coscienziose e molto vantaggiose.

Le fonti di rumore casuale

Le fonti di errore nella precisione dei dati fotometrici sono da ricercare nell'atmosfera terrestre, responsabile del fenomeno della scintillazione, nel dispositivo di ripresa utilizzato, ovvero il sensore CCD, e nella natura della luce.

Le fonti non casuali di rumore, quali la corrente di buio (dark current) e il fixed pattern noise (vignettatura e sporcizia) sono facilmente eliminabili attraverso opportuni frame di calibrazione (dark frame per il primo e flat field per il secondo) e se opportunamente gestiti non limitano in modo sensibile la precisione fotometrica.

Il problema sorge con il rumore casuale (detto anche stocastico), il quale, per sua stessa natura, non sarà mai eliminabile del tutto ma solamente attenuabile attraverso una specifica tecnica.

Il rumore casuale di ogni immagine si può suddividere in:

1) Rumore fotonico proveniente dalla sorgente, cioè le stelle, e dal fondo cielo;
2) Rumore causato dall'atmosfera terrestre;
3) Rumore di lettura dell'elettronica del sensore, generalmente modesto;
4) Rumore di digitalizzazione dell'immagine (detto anche di quantizzazione), spesso trascurabile.

Queste 4 fonti affliggono tutte le immagini, sia quelle di luce che di calibrazione.

Mentre gli ultimi due sono generalmente bassi e comunque non attenuabili in modo sensibile perché dipendono dall'architettura del sensore CCD utilizzato per le riprese, i primi si possono e si devono ridurre. Con un'efficiente tecnica di

ripresa si possono raggiungere con strumentazione amatoriale precisioni fotometriche dell’ordine di 0,001-0,002 magnitudini, sufficienti per scoprire persino pianeti extrasolari in transito di fronte alle proprie stelle.

Analizziamo a questo punto le prime due fonti di rumore e cerchiamo di capire come poterle stimare e ridurre il più possibile.

Il rumore fotonico

Un sensore CCD è costituito da pixel che conteggiano fotoni attraverso il fenomeno dell'effetto fotoelettrico: quando una "particella di luce" colpisce il pixel, estrae un elettrone dal reticolo cristallino, il quale a seguito di una differenza di potenziale tra gli estremi del pixel raggiunge l'estremità e viene conteggiato.

I fotoni, tuttavia, hanno un comportamento strano e piuttosto difficile da comprendere. Il flusso proveniente da una sorgente stellare non si deve immaginare come un continuo scorrere di particelle legate le une alle altre, le quali verrebbero quindi conteggiate sempre allo stesso modo.

Il flusso di fotoni è assimilabile a quella che in statistica viene chiamata distribuzione di Poisson: può sembrare assurdo, ma ogni fotone è un evento casuale e indipendente dagli altri.

In altre parole, il risultato netto di questo strano comportamento è che se noi effettuiamo delle misure sul conteggio dei fotoni ricevuti da una certa sorgente di luminosità costante, in un tempo di esposizione fissato, non avremo mai lo stesso risultato.

Se riportiamo in un grafico le nostre misurazioni, otteniamo una distribuzione di Poisson che tende ad una distribuzione normale (gaussiana) quando il numero di misurazioni tende a infinito.

Sebbene la sorgente resti costante nel tempo, il numero di fotoni che si contano varia, seppur di poco, rispetto a un valor medio.

La variazione rispetto alla media prende il nome di deviazione standard; possiamo considerare la deviazione standard come

l’errore compiuto nella misurazione.

Qualsiasi misura di luminosità stellare deve fare i conti con questa incertezza, detta rumore di Poisson. Data la natura della statistica seguita, l’errore di misurazione dipende direttamente da quanto è luminosa la sorgente da misurare.

In particolare, l’incertezza nella misura della luminosità della stella è inversamente proporzionale alla radice quadrata del numero di eventi, ovvero il numero di elettroni conteggiati:

$\sigma = 1/\sqrt{N}$.

In ogni immagine fotometrica, in realtà, la fonte di rumore dovuta alla natura della luce è molto più complessa della breve analisi che abbiamo fatto.

Bisogna infatti considerare che la stella da studiare ha una certa estensione sul sensore e che il fondo cielo non ha mai valori nulli, quindi anche esso è affetto dal rumore di Poisson.

Per esprimere in modo più preciso il rumore casuale risultante da un’immagine digitale, si usa analizzare il cosiddetto rapporto segnale/rumore, abbreviato S/N o SNR (in inglese, Signal to Noise Ratio).

Per segnale si intende la luminosità stellare al netto del fondo cielo, ovvero la luminosità dell’intero disco stellare al quale è stato sottratto il valore del cielo. In altre parole, il segnale è una misura diretta del flusso netto di energia proveniente dalla stella. Per rumore si intende qualsiasi altra fonte che non sia collegata alla luminosità della stella.

Generalmente il segnale è espresso in numero di elettroni, un valore non immediatamente leggibile dall’immagine, ma che si ricava se si conosce l’intensità in ADU e un dato fondamentale del sensore digitale: il guadagno.

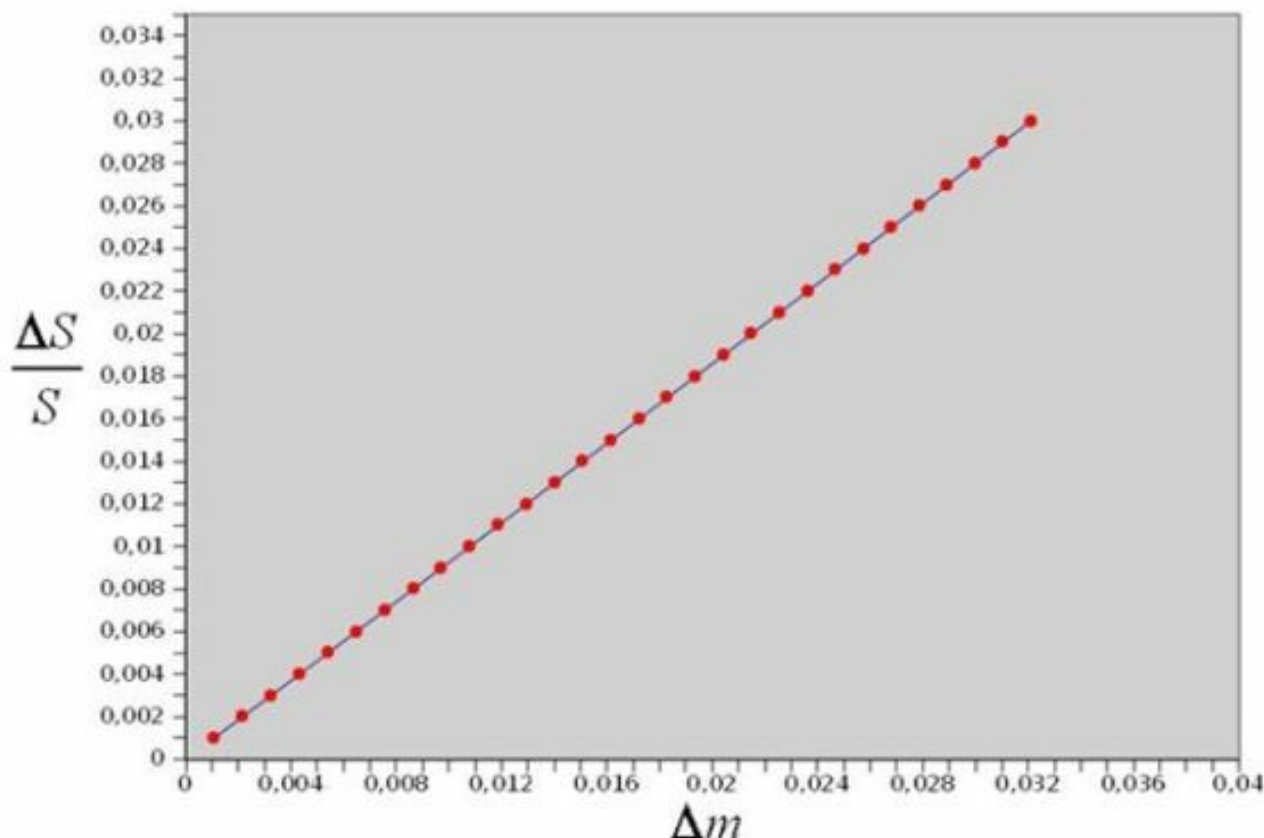
Nel caso in cui la sorgente stellare è molto luminosa (ma non satura!) e il fondo cielo estremamente scuro, possiamo approssimare il rapporto segnale su rumore considerando semplicemente il rumore prodotto dalla sorgente stellare senza togliere il contributo del fondo cielo:

$$S/N \approx S/\sqrt{S} = \sqrt{S}.$$

In tutti gli altri casi, quando le approssimazioni fatte non possono essere accettate, bisogna tenere conto del contributo prodotto dal fondo cielo e del rumore a esso associato. Everet e Howell (2001) hanno ricavato una relazione piuttosto precisa nel descrivere il rapporto segnale/rumore nelle generali situazioni fotometriche, ma è molto complessa e a noi, forse, non serve.

Tutti i programmi di analisi delle immagini, tra cui i migliori sono senza dubbio IRIS e AstroArt, restituiscono una precisa misurazione di questo benedetto rapporto segnale su rumore. Attenzione invece a Maxim DL, che a volte potrebbe restituire valori un po' sballati (forse le ultime versioni hanno corretto questo bug, ma meglio fare un controllo incrociato con altri software, almeno la prima volta).

La cosa estremamente interessante è che se le incertezze sono abbastanza piccole possiamo lavorare direttamente con le magnitudini invece di fare delle complicate trasformazioni in flussi.

Consideriamo infatti il grafico seguente, che mostra la relazione esatta tra l'errore relativo in termini di flusso e la corrispondente incertezza in magnitudini:

Andamento del'errore relativo in termini di luminosità in funzione della sua conversione in magnitudini. Nonostante la scala logaritmica, per errori sufficientemente piccoli ci possiamo concedere il lusso di trattare le magnitudini come se fossero valori lineari.

Questa è la dimostrazione che per valori piccoli, come quelli tipici delle incertezze in fotometria differenziale, la relazione tra flusso e magnitudini può approssimarsi con una retta. .

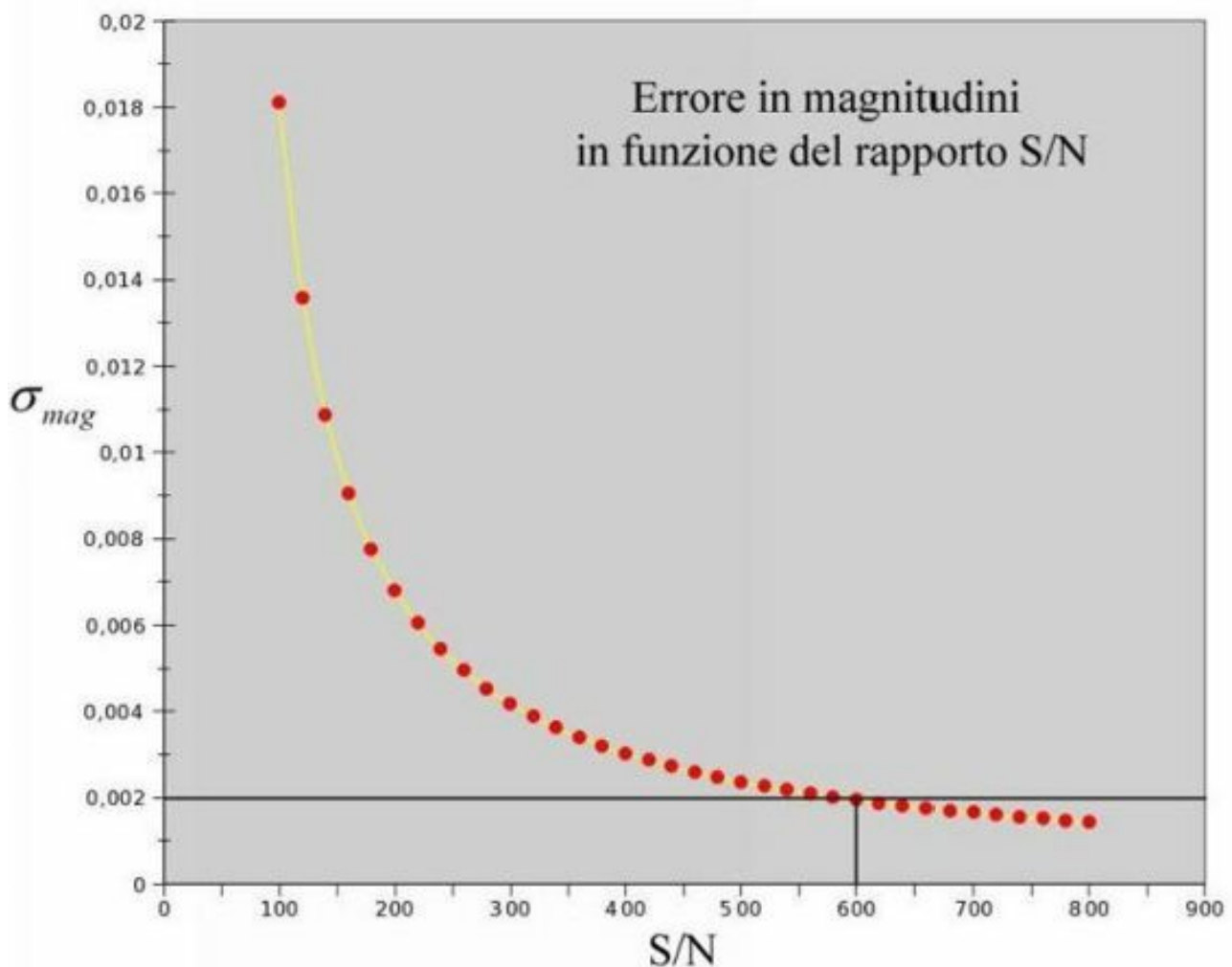
Conoscendo quindi il rapporto segnale/rumore della stella, l'incertezza nella misurazione associata alla sua luminosità è data dalla formula approssimata:

$$\Delta m \approx 1{,}0857 \cdot 1/(S/N)$$

La stima che si ottiene è leggermente superiore al valore reale per errori minori di 1/100 di magnitudine, mentre è quasi esatta per valori compresi tra 1/100 e 3/100 di magnitudine. Per errori nettamente maggiori, che possono capitare se il rapporto segnale/rumore è troppo basso, inferiore a 50, non è possibile utilizzare questa formula.

Questa incertezza nella stima della magnitudine è l'errore assoluto commesso nella misurazione.

In teoria quanto visto vale per tutte le stelle, sia quella da studiare che quelle di riferimento.

Se però le stelle di paragone sono più di 3 e con un ottimo rapporto S/N, l'errore commesso su queste si media e risulta quindi generalmente trascurabile rispetto a quello della stella da misurare.

Andamento dell'incertezza in magnitudini in funzione del rapporto segnale/rumore. Per studi di elevatissima precisione è necessario raggiungere il valore di 600.

La scintillazione atmosferica

Una fonte di rumore piuttosto importante per piccoli strumenti è la scintillazione atmosferica, fenomeno semplice da capire, un po' meno da analizzare quantitativamente.

Vi sarete senza dubbio accorti che la luce delle stelle, soprattutto quelle basse sull'orizzonte, non è stabile nel tempo ma scintilla.

Questo comportamento è interamente causato dall'atmosfera terrestre e introduce, come si può ben immaginare, delle incertezze nella misura delle magnitudini stellari che non possono essere eliminate (in quanto casuali), ma solamente ridotte.

L'entità della scintillazione atmosferica dipende, come è lecito aspettarsi, dalla quantità di atmosfera che la luce deve attraversare, identificata nel gergo astronomico con una grandezza chiamata massa d'aria.

La massa d'aria quantifica lo spessore atmosferico in funzione della distanza dallo zenit, punto in cui è presa arbitrariamente di valore pari a 1. La relazione per determinare la massa d'aria è la seguente:

$$A=\sec(z)–0{,}0018167\sec(z-1)–0{,}002875\sec^2(z-1)–0{,}0008083\sec^3(z-1)$$

La formula è molto lunga ed è approssimata attraverso uno sviluppo in serie (notate infatti i termini di grado crescente).

sec è la funzione trigonometrica secante; in particolare si ha:

$\sec(z) = 1/\cos(z)$. Z è la distanza zenitale della stella considerata, ovvero l'angolo complementare all'altezza sull'orizzonte (h):

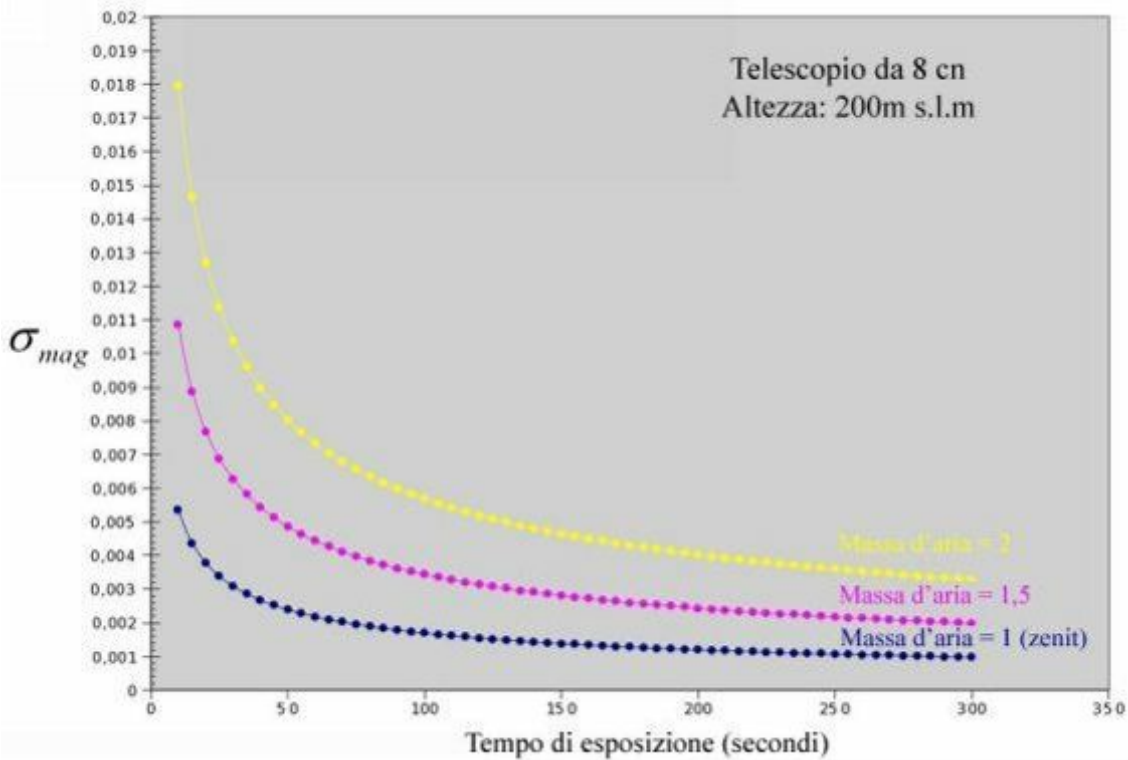
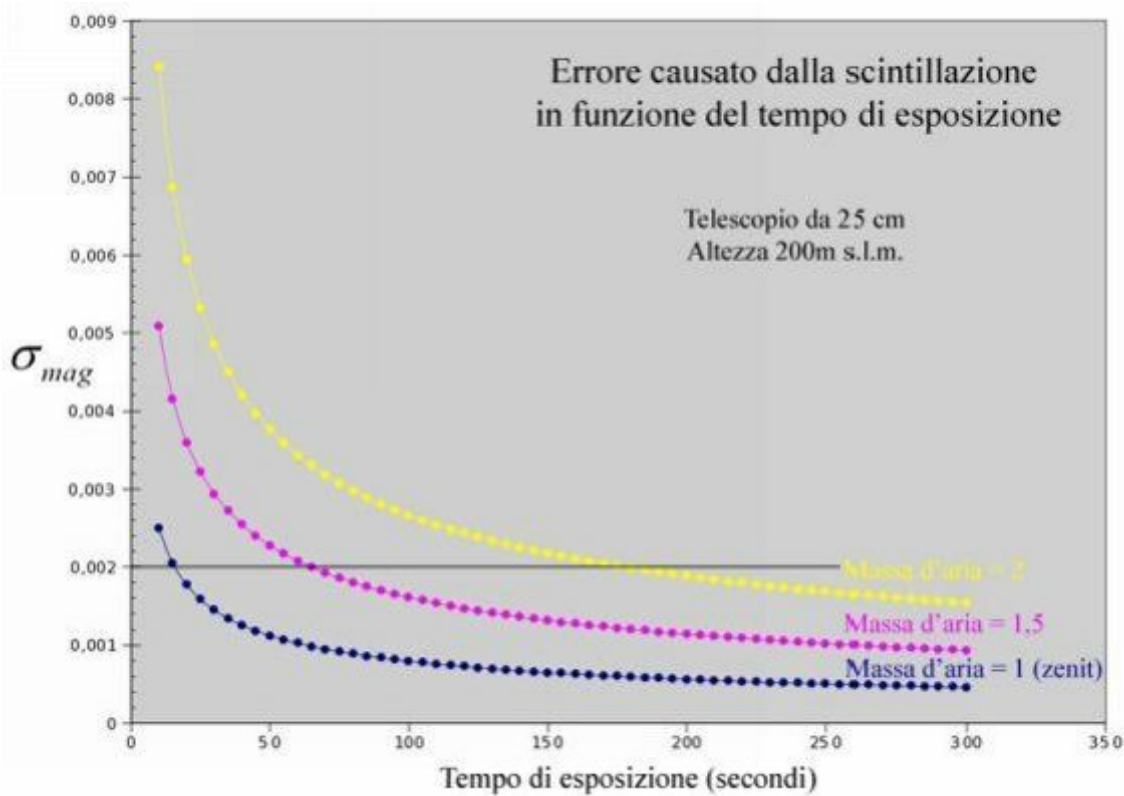
$$z = 90°\text{-}h.$$

La massa d’aria è 1 allo zenit e tende a infinito all’orizzonte. L’incertezza prodotta dalla scintillazione è allora data dalla formula:

$$\Delta m \approx [0{,}098 d^{-2/3} A^{1{,}75} e^{-k/8000}]/\sqrt{(2t_{exp})}$$

Il risultato è fornito in magnitudini e le grandezze correlate sono: d = diametro del telescopio espresso in centimetri, A = massa d’aria calcolata con la formula precedente, k = altezza dell’osservatore rispetto al livello del mare, t_{exp} = tempo di esposizione dell’immagine, espresso in secondi.

L’entità della scintillazione dipende dal tempo di esposizione; più è lungo e meno influirà sulle misurazioni. Per lavori estremamente precisi come lo studio di pianeti extrasolari, di solito non si scende sotto un tempo di esposizione delle singole riprese di 2 minuti. L’incertezza dipende anche dalla massa d’aria e come è intuibile, maggiore è l’altezza dell’astro, minore sarà la scintillazione. Ultimo, ma non per importanza, la dipendenza dal diametro del telescopio: uno strumento più largo introduce sempre errori minori, a parità di tutte le altre variabili.

L’errore commesso riguarda tutte le stelle del campo, sia quella da esaminare che quelle di riferimento. Il discorso, in questo caso, è simile al rapporto segnale/rumore: se scegliamo almeno tre stelle di riferimento buone si può trascurare per queste e calcolare solo per l’astro da studiare.

Andamento dell'errore causato dalla scintillazione atmosferica in funzione della massa d'aria e del telescopio utilizzati. Per applicazioni molto precise, come quelle relative ai pianeti extrasolari, sono necessarie precisioni di 0,002 magnitudini, quindi strumenti di almeno 15-20 centimetri.

La stima delle incertezze totali

Stimare gli errori di misura totali è un passo importante, che aggiunge valore alla vostra curva di luce e, in generale, a tutte le misurazioni astronomiche.

Come abbiamo appena visto, in fotometria d'apertura le incertezze derivano sostanzialmente dalla scintillazione atmosferica e dal rapporto S/N.

Quando applichiamo le formule, dobbiamo quindi calcolare gli errori di scintillazione e di Poisson per ogni immagine fotometrica (questi naturalmente possono variare anche di molto tra una ripresa e l'altra) della nostra sessione.

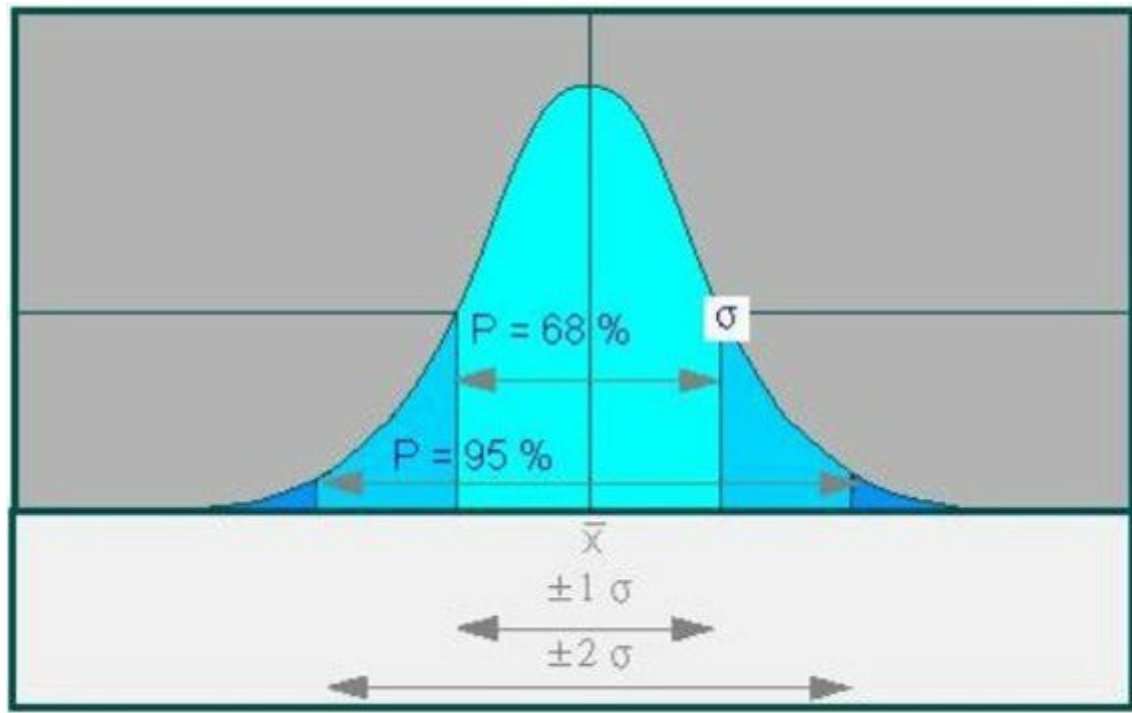
Se assumiamo che ogni misurazione sia casuale e indipendente, possiamo considerare le incertezze come appartenenti a una distribuzione di probabilità che tende ad una curva gaussiana quando il numero di eventi (le misure) tende all'infinito.

Possiamo allora fare un passo importante e associare all'incertezza il significato di deviazione standard.

Se la deviazione standard è associata a una distribuzione gaussiana delle incertezze (sempre vero tranne nel caso di errori sistematici), il suo significato è più profondo: significa che il 68% delle misurazioni sarà contenuto entro un intervallo pari a $\pm\sigma$.

In termini rigorosi, quindi, l'errore trovato ci da un'indicazione di massima sulle incertezze e non ci mette al riparo da brutte sorprese. In effetti, e questa è una regola aurea da incorniciare: per avere dei buoni dati in mano, è necessario che l'evento (la variabilità della stella, ad esempio) abbia una profondità superiore ad almeno 3 volte l'incertezza totale, il

famoso 3σ di confidenza, che garantisce un'affidabilità del 99,7%. Un esempio? Se scopriamo una stella variabile che cambia di luminosità di appena 0,01 magnitudini,

affinché questo dato assuma una solida base, l'errore assoluto (il sigma) totale deve essere almeno 3 volte più piccolo, pari a 0,003 magnitudini.

Forma di una tipica curva gaussiana e livello di confidenza del σ, a cui abbiamo dato in questi casi il ruolo di incertezza delle nostre misurazioni fotometriche.

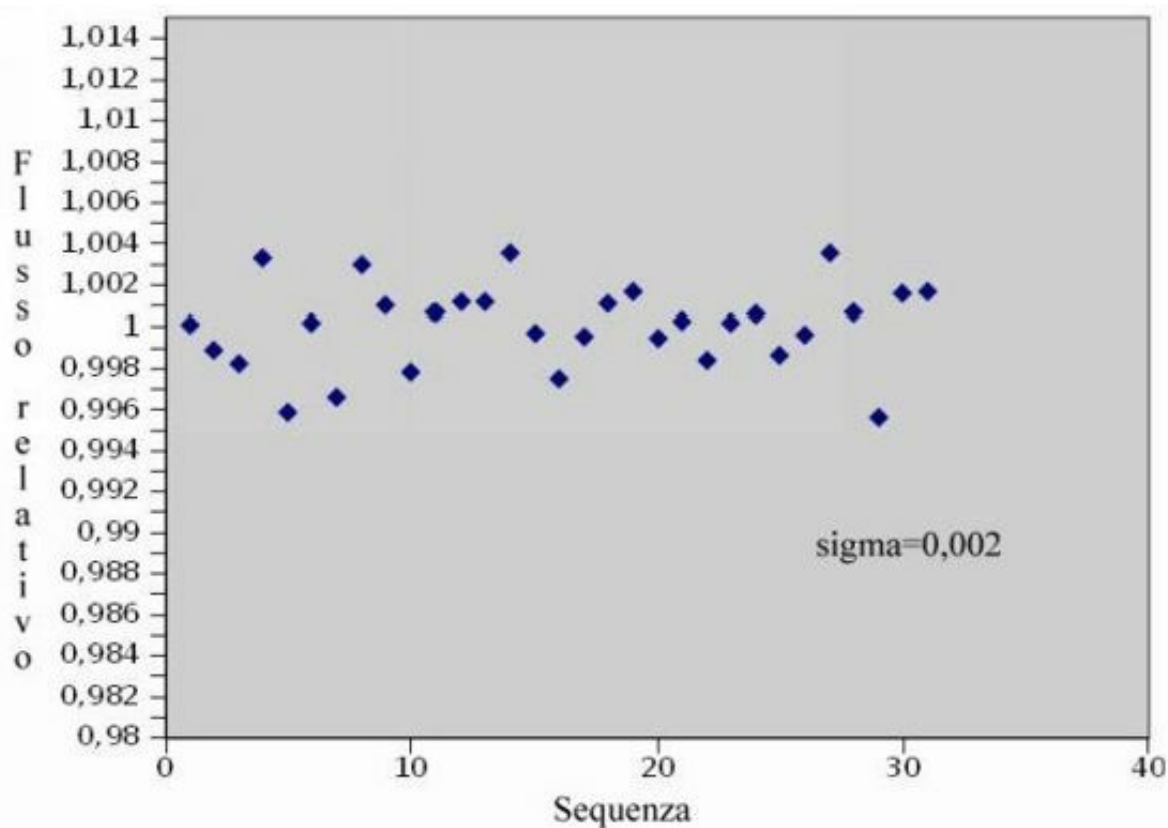
Per la stima delle incertezze totali su un'immagine fotometrica, con precisioni migliori o uguali 3/100 di magnitudine si può lavorare con le magnitudini, trascurando il fatto che si tratti di una scala logaritmica.

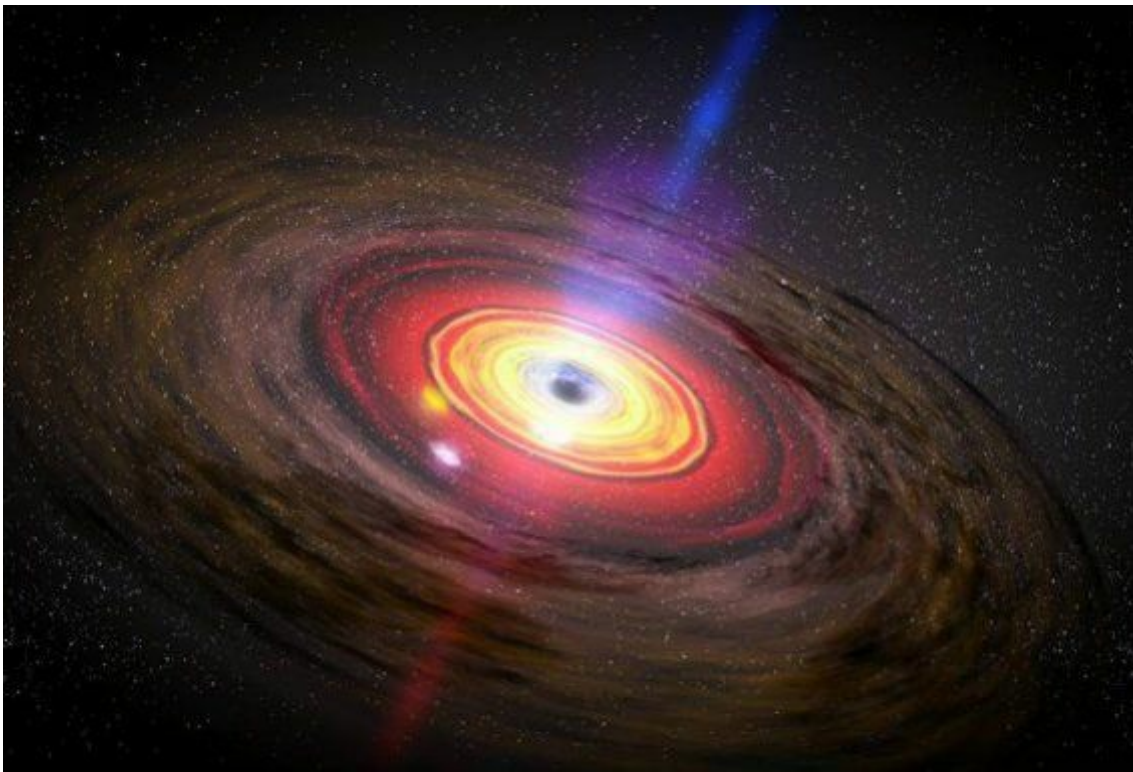
L'errore totale sarà allora dato da:

$$\sigma_{tot}^2 \approx \sigma_{mag,\ scin}^2 + \sigma_{mag,S/N}^2$$

Per comprendere se la stima è stata eseguita in modo corretto, durante la stessa serata è consigliabile controllare l'andamento fotometrico di una stella stabile, ripresa in condizioni più simili

possibili a quella da studiare (anche una di quelle di riferimento nello stesso campo).

La misura si può fare attraverso qualsiasi software astronomico o un semplice foglio di calcolo, a partire dalla curva di luce della nostra stella di controllo, per almeno una decina di immagini fotometriche. Il risultato dovrebbe non essere troppo diverso da quello ricavato attraverso le formule.

Sessione fotometrica di controllo per verificare la precisione raggiunta e la stima teorica delle incertezze. In questo caso il sigma calcolato è uguale a quello reale misurato. La scala delle luminosità è in flussi normalizzati, ma per quanto detto, con errori così piccoli è indifferente lavorare con i rapporti di flussi o con le magnitudini.

Astrofisica

Alcuni degli articoli che vedremo sono estratti dal mio libro: "Nella mente dell'Universo"

Questa sezione, suddivisa in due rubriche, l'una un po' più tecnica, l'altra più semplice, rappresenta il cuore di questi volumi e ci proietta verso i grandi temi dell'astronomia teorica. Pianeti, stelle, galassie, buchi neri, quasar, nebulose, ammassi stellari, materia oscura, destino dell'Universo… Affronteremo insieme, mese dopo mese, un viaggio dal piccolo al grande, dal semplice al complesso, attraverso la struttura dell'Universo e le proprietà dei suoi strani abitanti. Per quanto possibile eviterò formule e concetti di difficile comprensione, rendendo l'articolo principale accessibile a tutti. La seconda parte, decisamente più rilassante, è a completa disposizione per tutte le domande sul Cosmo che la vostra mente riesce a concepire.

I moti propri delle stelle

Molte delle costellazioni che possiamo ammirare nel cielo sono state identificate dalle antiche civiltà diverse migliaia di anni fa.

In questo lasso di tempo, brevissimo su scala cosmica, enorme su scala umana, i disegni celesti sono rimasti gli stessi, le stelle non sembrano aver cambiato le loro posizioni.

Questa convinzione si è storicamente radicata nella civiltà che il termine stelle fisse viene ancora oggi utilizzato, anche in ambiti astronomici.

Ma le stelle sono davvero fisse? E' possibile e plausibile che nel corso di secoli, millenni, o addirittura milioni di anni, il cielo sia sempre lo stesso e le posizioni delle stelle immutabili?

Ormai lo dovreste sapere, nell'Universo nulla è fisso e immobile; a noi può apparire così perché non abbiamo gli strumenti per fare precise misure, oppure viviamo troppo poco per accorgerci di cambiamenti che richiedono, nella migliore delle ipotesi, alcuni millenni.

A livello filosofico non è difficile immaginare che il cielo, su un tempo lunghissimo, non sia immutabile, tanto che questa teoria fu proposta addirittura dal filosofo Macrobio nel 400 d.C..

A livello fisico, invece, le cose sono leggermente diverse: se le stelle si spostano nel corso dei secoli, deve essere possibile misurarne lo spostamento rispetto a un sistema di coordinate, o almeno notare un cambiamento nelle loro posizioni reciproche.

La prima prova osservativa del moto delle stelle del cielo, almeno di alcune di esse, fu portata dal grande astronomo

Edmund Halley, padre dell'omonima cometa.

Egli si accorse che alcune stelle brillanti, tra le quali Sirio, Arturo e Aldebaran, avevano una posizione anche di oltre mezzo grado diversa rispetto a quella misurata da Ipparco circa 1.800 anni prima.

Sebbene gli strumenti in possesso di Halley e a maggior ragione dell'astronomo-matematico greco non sono paragonabili a quelli attuali quanto a precisione, una differenza di mezzo grado nella posizione non era ammissibile come errore di misura.

Sembrava strano, ma le stelle, considerate dei puntini fissi da generazioni di uomini, in realtà si muovevano nel cielo, sebbene con un moto così lento da essere spesso impercettibile nell'arco di un'intera vita.

Ancora una volta quello che percepiscono a prima vista i nostri sensi si dimostra limitato rispetto alle situazioni e alla complessità dell'Universo.

Cos’è il moto proprio

Ora che abbiamo scoperto che le stelle si muovono nel cielo, passiamo alla domanda successiva: perché si muovono? Qual è la causa del loro movimento?

Tutte le stelle che osserviamo nel cielo, compreso il Sole e il sistema solare, appartengono alla Via Lattea e ruotano attorno al centro galattico con velocità e orbite diverse. Nel corso del tempo, quindi, la loro posizione reciproca tende a cambiare inesorabilmente.

Questa è la spiegazione più semplice alle osservazioni di Halley nella prima metà del 1700.

Nel moderno linguaggio astronomico, si è soliti definire il concetto di moto proprio, leggermente più complesso e delicato.

Il moto proprio di un astro è identificato come lo spostamento angolare rispetto a un sistema di coordinate, nel corso di un anno.

Come è facile intuire, si tratta di uno spostamento apparente, conseguenza di almeno tre variabili:

1) Distanza. A parità di velocità (intensità e direzione) una stella più vicina avrà un moto proprio maggiore di una più lontana. Maggiore è la distanza della stella, minore sarà quindi il moto proprio;
2) La componente della velocità. L’entità del moto proprio di una stella dipende criticamente dalla direzione del suo vettore velocità. Se ipotizziamo che una stella si muova rispetto al Sole a velocità X esattamente lungo la linea di vista, noi non misureremo mai il suo moto proprio. Contrariamente, se la velocità fosse esattamente perpendicolare alla linea di vista, il moto

proprio misurato sarà massimo.

In parole leggermente più rigorose, visto che la velocità di un astro non sarà mai perfettamente perpendicolare o parallela rispetto alla nostra linea di vista, il moto proprio sarà per forza di cose collegato alla componente tangenziale della velocità delle stelle e dipenderà, oltre che dalla distanza, anche dalla direzione del movimento della stella rispetto al nostro punto di vista;

3) Il moto del Sole. Tutte le velocità sono relative e devono essere misurate rispetto a un sistema di riferimento (questo concetto verrà ripetuto e dimostrato nel capitolo 13). In questi casi il sistema di riferimento è il Sole e il sistema solare. Naturalmente anche il sistema solare si muove attorno al centro della Galassia, a una velocità di circa 220 km/s, quindi tutti i moti propri che osserviamo derivano dalla combinazione dei moti stellari e del sistema solare stesso attraverso la Galassia.

Il moto proprio di un astro quindi dipende dalla distanza, è legato alla componente della velocità perpendicolare alla nostra linea di vista, ed è definito da due quantità; l’una rappresenta l’intensità del movimento in secondi d’arco ogni anno, l’altra la direzione rispetto ai punti cardinali della sfera celeste. In questo modo è possibile identificare il movimento tangenziale e la direzione di tutte le stelle del cielo, a patto di osservare su un tempo abbastanza lungo da permetterci di misurarne il movimento.

La direzione e l’intensità del moto delle stelle nello spazio è data dalla somma vettoriale della componente tangenziale, responsabile del moto proprio, con quella radiale, lungo la linea

di vista, che si manifesta attraverso l'effetto doppler (anche di questo effetto ne parleremo in abbondanza nel corso del volume).

Il concetto di moto proprio può essere naturalmente generalizzato a ogni oggetto dell'Universo, non necessariamente alle stelle della Via Lattea.

Le stelle più veloci

Capite quali sono le grandezze che identificano il moto delle stelle, dobbiamo a questo punto soddisfare la nostra curiosità osservando il cielo per vedere se, e come, può cambiare nel corso degli anni.

Il valore tipico del moto proprio delle stelle brillanti delle costellazioni è di circa 0,1”/anno, davvero piccolissimo.

Per avere un'idea, il moto tipico delle stelle nel cielo risulta essere di circa 1/3 di grado ogni 10.000 anni.

In realtà questa è una media, di certo non un valore che può essere preso in considerazione per tutte le stelle del cielo.

Ci sono infatti alcune componenti che a causa della vicinanza al Sole e alla particolare geometria della loro orbita mostrano moti propri piuttosto elevati.

La palma della “stella più veloce” spetta alla stella di Barnard, una piccola nana rossa nella costellazione dell'Ofiuco, di magnitudine 9,5, distante poco meno di 6 anni luce, che solca il cielo a una velocità di 10,35” ogni anno. Questo significa che 3.500 anni fa la stella si trovava a circa 10° rispetto alla posizione attuale.

Conoscendo la distanza e la velocità radiale, possiamo risalire al moto assoluto, pari a circa 142 km/s rispetto al Sole.

Se consideriamo le velocità reali, la palma di stella più veloce spetta a Wolf 424, con una velocità (rispetto al Sole) pari a 555 km/s!

Come abbiamo visto, i moti propri sono condizionati dalla distanza, quindi le stelle che ci appaiono più veloci sono anche le più vicine, ma spesso anche le più deboli.

In effetti, a parte qualche eccezione come Sirio, Alpha

Centauri e Arturo, quasi tutte le stelle entro 50 anni luce dal sistema solare sono nane rosse di classe M estremamente deboli (ma tutte o quasi alla portata di un piccolo telescopio).

La stella brillante con il moto proprio più elevato visibile dai cieli italiani è sicuramente Arturo, che con i suoi 2,3”/anno si sposta nel cielo di circa 1° ogni 1.600 anni (solo Alpha Centauri ha un moto proprio maggiore, ma è invisibile dai nostri cieli). Se consideriamo il tempo trascorso tra le osservazioni degli antichi Egizi e quelle attuali, pari a circa 5.000 anni, Arturo nel cielo ha percorso una distanza di oltre 3°, decisamente evidente anche a occhio nudo.

Il cielo che cambia

L’esempio appena visto di Arturo ci consente di confutare definitivamente l’ipotesi con cui è stato iniziato questo paragrafo, ovvero che le stelle nel corso della storia umana non si siano spostate in modo evidente nel cielo.

La costellazione del pastore, in effetti, agli occhi degli Egizi e dei Greci appariva diversa rispetto a ora.

Questa osservazione ci consente di dare sfogo alla nostra curiosità: come era il cielo migliaia di anni fa? Come sarà tra altrettanti migliaia di anni?

Se consideriamo i moti propri delle stelle delle costellazioni, almeno quelle più evidenti, e allarghiamo l’intervallo temporale, ci accorgiamo che il cielo che osserviamo in questi millenni non è altro che un’istantanea di un’evoluzione continua e inarrestabile.

Un esempio piuttosto impressionante riguarda il grande carro, asterismo da sempre presente nelle cronache e nei miti di tutte le civiltà. Le stelle di cui è composto hanno moti propri abbastanza elevati e in direzioni diverse, tanto che la figura attuale così somigliante a un carro rappresenta semplicemente un momento casuale tra un futuro e un passato estremamente diversi.

In effetti, quando sulla Terra comparve l’Homo Sapiens, circa 190.000 anni fa, il grande carro era in realtà un gruppo di stelle che poco o nulla aveva in comune con la forma attuale.

Non solo il grande carro è soggetto ai moti propri, ma tutte le costellazioni non rappresentano altro che la fotografia di un cielo in continuo movimento.

Senza considerare la nascita e la morte delle stelle, la sfera celeste al tempo della scomparsa dei dinosauri, 65 milioni di anni fa, era popolata da disegni totalmente alieni alla nostra cultura.

Non bisogna comunque andare così lontano nel tempo per accorgerci dei continui cambiamenti del cielo.

Proprio nel 1992 alla stella Rho Aquilae venne cambiato il nome, visto che il suo moto proprio l'aveva portata dalla costellazione dell'Aquila alla vicina costellazione del Delfino. La stessa stella di Barnard, tra circa 11.000 anni, diventerà la più vicina al sistema solare, a circa 3,8 anni luce da noi.

Una cosa quindi è certa: se l'essere umano continuerà ad abitare questo pianeta, tra qualche centinaia di migliaia di anni potrà solamente osservare nei libri di storia il cielo sotto il quale è nata e si è sviluppata l'attuale civiltà.

I moti propri in astronomia

La misura dei moti propri, oltre a rappresentare un potente strumento per capire come evolve il cielo che possiamo osservare, è molto importante nell'astronomia professionale.

La misurazione del moto proprio di un oggetto (stella, galassia) è fondamentale per conoscere la velocità e soprattutto la direzione del moto, impossibile da determinare attraverso la classica analisi del redshift, che fornisce solamente il valore radiale (lungo la linea di vista) della velocità.

La rilevazione del moto proprio è quindi molto utile per comprendere gli intricati moti stellari e galattici nello spazio e altre importanti proprietà, tra cui:

- Determinare se una stella appartiene a un ammasso o a una famiglia di stelle originatesi in particolari ambienti. Tutte le stelle che nascono dalle stesse nebulose, o che condividono lo stesso ambiente galattico, hanno moti propri simili, soprattutto per quanto riguarda la direzione.

  Un esempio di come lo studio dei moti propri riesca a evidenziare famiglie di stelle è rappresentato dalla cosiddetta "corrente di Arturo", un gruppo di oltre 100 stelle, la cui capostipite è proprio la gigante rossa della costellazione del Pastore, che possiede moti propri simili e piuttosto peculiari, segno inconfondibile che queste componenti hanno condiviso ambienti galattici e moti molto simili nel corso della loro storia.

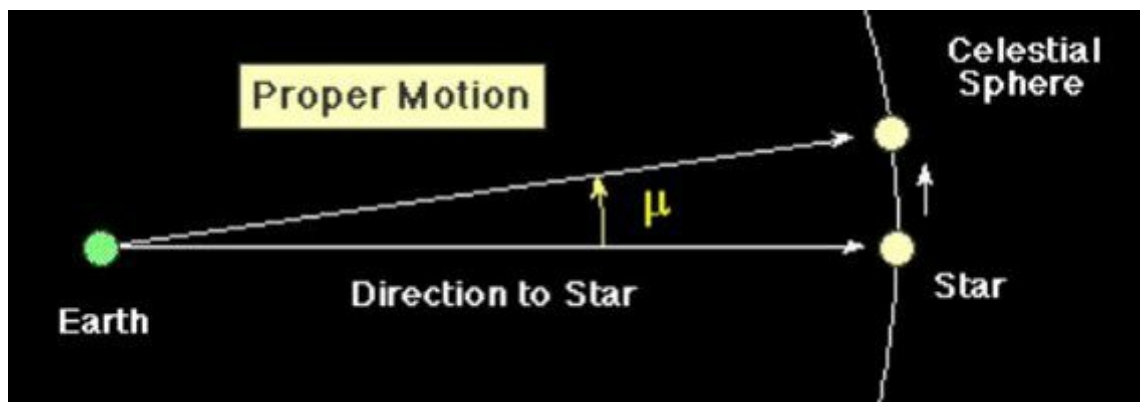
- Determinare la massa di un ammasso. Analizzando i moti propri delle stelle negli ammassi aperti e globulari è possibile risalire, attraverso la terza

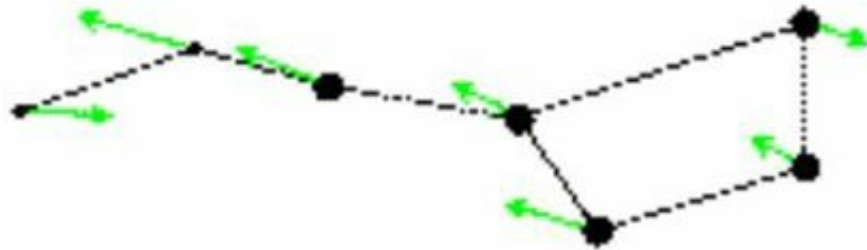
legge di Keplero, alla massa dell'oggetto.

Proprio analizzando i forti moti propri delle stelle in prossimità del centro della Via Lattea, si è ipotizzato e caratterizzato il gigantesco buco nero responsabile della grande forza di gravità esercitata sulle stelle circostanti.

- Determinare i moti galattici. Sebbene rappresenti attualmente un'enorme sfida tecnologica, l'osservazione dei moti propri delle galassie, almeno quelle più vicine, è fondamentale per capire la dinamica, la massa e l'evoluzione delle singole componenti e degli ammassi di galassie di cui eventualmente fanno parte.

L'osservazione dell'eventuale moto proprio della galassia di Andromeda sarà fondamentale per capire il suo destino e quello della Via Lattea, visto che queste sono destinate a scontrarsi.

Le modalità e le conseguenze di questo scontro sono determinate proprio dal valore e dalla direzione della velocità tangenziale tra le due componenti.

Rappresentazione schematica di un moto proprio: qualsiasi spostamento trasversale di una stella nel corso del tempo.

Today

50,000 BC

Moti propri delle stelle del grande carro e aspetto dell’asterismo tra circa 50 mila anni.

Domande e risposte

Questo spazio, all'interno della sezione di astronomia teorica, è rivolto a tutti coloro che trovano irresistibili i grandi temi dell'astronomia, ma allo stesso tempo credono che siano al di fuori della loro portata.

Non è così, e spero di dimostrarvelo rispondendo, di volta in volta, a un paio di domande semplici. Non lasciatevi ingannare da questo aggettivo: nell'Universo a domande facili corrispondono spesso risposte articolate e davvero sorprendenti.

Queste domande sono estratte dal mio libro "125 domande e curiosità sull'astronomia", quindi se siete troppo curiosi dategli un'occhiata.

Come si è formata la Luna?

Tra i numerosi satelliti dei pianeti, la Luna è sicuramente il più interessante, non perché satellite del nostro pianeta, ma da un punto di vista prettamente astronomico.

I satelliti degli altri pianeti, in effetti, sono molto più piccoli in rapporto alle loro dimensioni. Phobos e Deimos, lune di Marte, hanno dimensioni di pochi chilometri, contro i 6700 km del raggio planetario.

Il confronto diventa impietoso con le lune di Giove. Ganimede, la più grande del Sistema Solare, addirittura di dimensioni maggiori di Mercurio, ha una massa infinitesima in confronto al gigante che la ospita.

La Luna, invece, fa eccezione. Rispetto alla Terra è appena 81 volte meno massiccia e solamente 4 volte più piccola.

Questo per gli astronomi ha rappresentato un grande problema.

Come si è formata la Luna?

Un pianeta ha sostanzialmente due modi per acquisire satelliti.

I più grandi generalmente si formano nelle vicinanze del pianeta, dai resti dei detriti non utilizzati dal corpo principale, un po' come è successo per il Sole e i pianeti, ma su scala ridotta.

Il secondo metodo è quello della cattura gravitazionale. Quando un piccolo asteroide transita casualmente nei pressi di un pianeta molto più grande, è possibile che il campo gravitazionale lo catturi. Questo è probabilmente il modo in cui Marte ha guadagnato le sue piccole lune.

I corpi celesti catturati si riconoscono dalla forma irregolare, da una composizione chimica molto diversa da quella del pianeta

e da orbite non regolari.

Molti dei piccoli satelliti di Giove e Saturno si pensa siano asteroidi catturati in miliardi di anni di storia.

Cosa dire, invece della Luna?

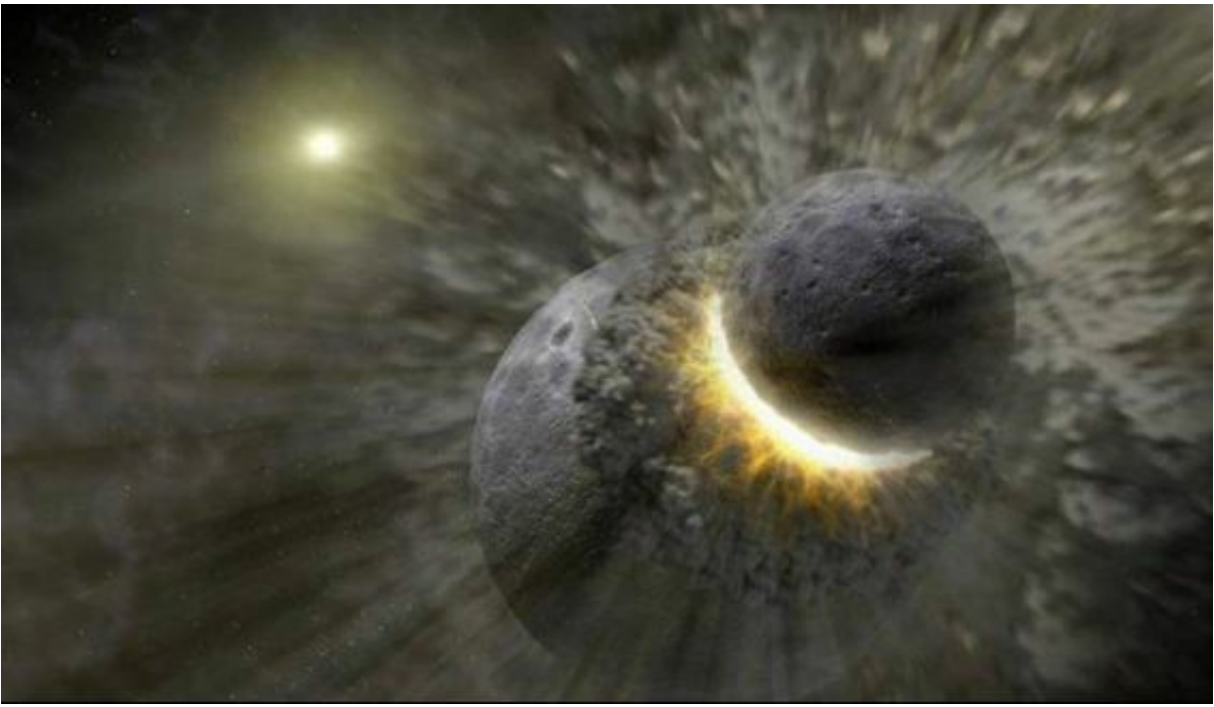
Le sue grandi dimensioni escludono l'ipotesi di una cattura gravitazionale da parte della Terra, ma allo stesso tempo escludono anche l'ipotesi che possa essersi formata contemporaneamente al nostro pianeta.

La composizione chimica è simile a quella del mantello terrestre, ma è povera di elementi pesanti come ferro e nichel che invece sono abbondanti in molti asteroidi e pianeti.

Dopo molti anni di ricerche, gli astronomi sono arrivati a ipotizzare che la Luna non è altro che una costola della Terra.

Pochi milioni di anni dopo la formazione del nostro pianeta, un corpo celeste delle dimensioni di Marte si è scontrato violentemente, vaporizzandosi e scagliando nello spazio miliardi di pezzi della giovane Terra, alcuni dei quali si sono di nuovo aggregati per formare la Luna.

Questo piega perché il nostro satellite naturale sia povero degli elementi più pesanti, che nella giovane Terra erano già sprofondati a formare il nucleo.

Neanche la più apocalittica scena di un film avrebbe potuto immaginare uno scenario del genere, ma a quanto pare l'Universo a volte ama stupire con effetti speciali!

Lo scenario più probabile per la formazione della Luna: un pianeta grande come Marte impatta la Terra primordiale. Parte dei detriti scagliati nello spazio si aggrega e forma il nostro unico satellite naturale.

Lo spazio è completamente vuoto?

No, in Natura non esiste il vuoto assoluto. Anche nel più remoto e isolato angolo di Universo, è possibile rilevare una minima quantità di materia ed energia. Il vuoto, il nulla, è qualcosa non contemplato neanche dalle stesse leggi fisiche che descrivono il funzionamento e le proprietà dell'Universo.

Senza addentrarci in questioni complesse, limitiamoci a parlare della materia.

Sotto questo punto di vista, lo spazio aperto è il luogo più vuoto che possiamo immaginare, centinaia di volte maggiore del più spinto vuoto che possiamo creare sulla Terra.

Ma le particelle sono ovunque, sebbene possano diventare merce molto più rara dell'oro terrestre.

Nello spazio interplanetario, quello che riempie le distanze tra i pianeti del Sistema Solare, la densità media delle particelle è di appena cinque ogni centimetro cubo di volume, alla distanza della Terra.

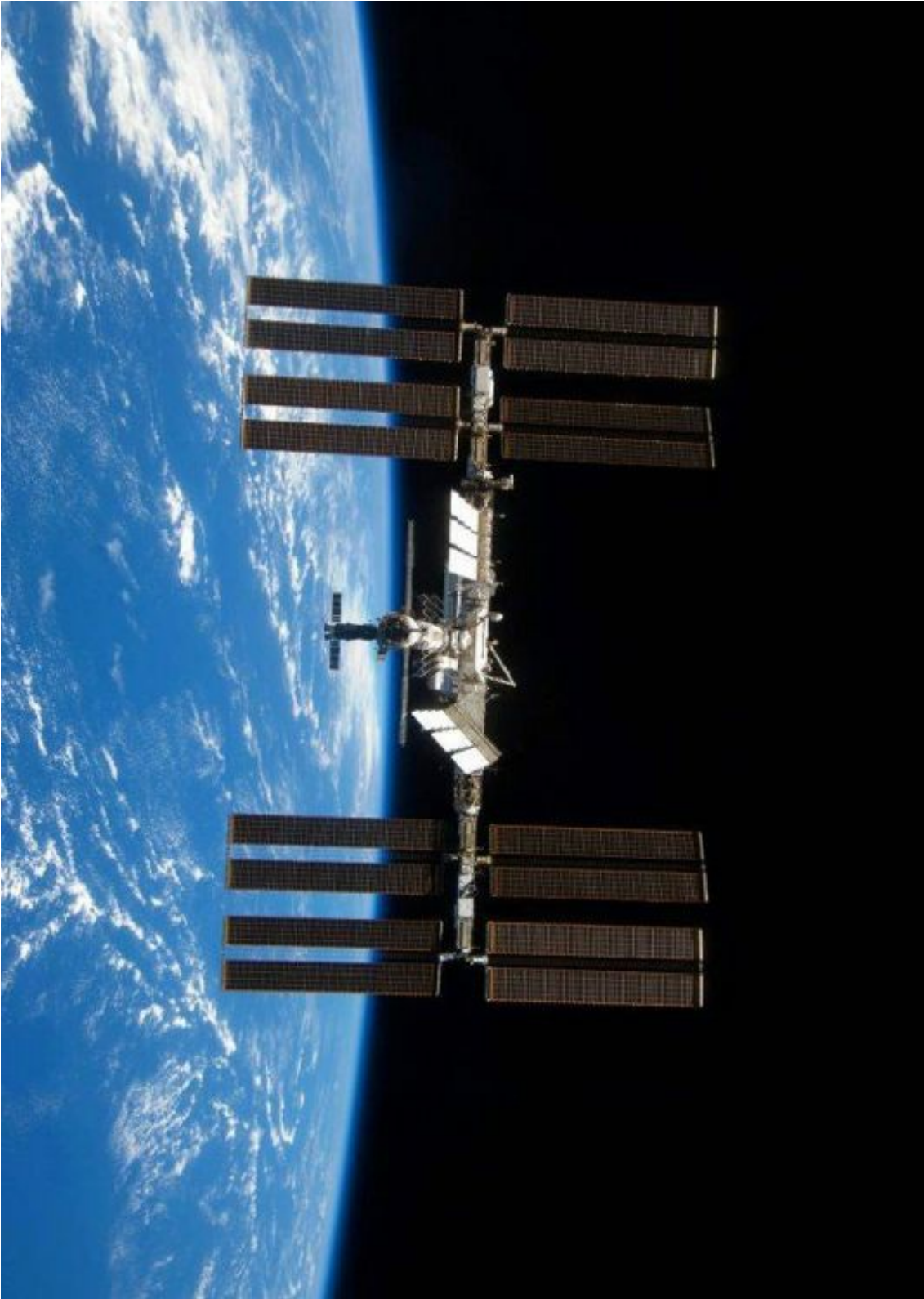
Per un paragone, l'atmosfera terrestre a livello del mare contiene qualcosa come dieci miliardi di miliardi di molecole ogni centimetro cubo. In effetti, anche se non perfettamente vuoto, lo spazio contiene davvero poca materia!

Ancor più rarefatto è quello che viene chiamato mezzo interstellare, ovvero il gas presente negli spazi tra le stelle, all'interno di una galassia. La sua densità media, per la Via Lattea, si attesta su una particella ogni centimetro cubo.

In un cubo con lati di un metro, abbastanza grande per contenere una persona, si contano in media appena un milione di particelle, contro i circa sette miliardi di miliardi di miliardi (10^{27}) di atomi che compongono una persona di 70 kg!

Il vuoto più spinto lo possiamo trovare negli sterminati spazi che separano due galassie. Il mezzo intergalattico ha una densità stimata pari a un atomo ogni metro cubo.

Nella stessa scatola di prima, quindi, troverebbe posto solamente un atomo, un gas circa 1000 volte più rarefatto del già poco affollato mezzo interstellare.

Astronautica

Questa sezione è estratta dal libro: "Conoscere, capire, esplorare il Sistema Solare".

Siamo arrivati allo spazio dedicato agli amanti dell’esplorazione dello spazio.

L’astronautica, con le sue sfide tecnologiche, i pericoli, i grandi e spettacolari risultati scientifici, è una disciplina che non può non interessare, al di là della passione per l’astronomia.

Grazie all’esplorazione del nostro Sistema Solare abbiamo imparato moltissime nozioni, anche per quanto riguarda il funzionamento e le proprietà del nostro delicato e prezioso pianeta, senza contare il salto tecnologico enorme compiuto grazie a dei sognatori che di fronte a difficoltà, spesso enormi, non si sono arresti e hanno sempre cercato di raggiungere le stelle.

L’uomo sulla Luna

Dopo la prima fase di progettazione finalmente il 27 gennaio 1967 l’astronave Apollo era pronta per il primo test di volo, agganciata alla cima di un più piccolo razzo Saturn Ib.

Purtroppo, quel giorno si rivelò il peggiore della storia della NASA, che fino a quel momento non aveva perso mai un astronauta. Poco dopo essersi seduti nel modulo di comando, pronti per la partenza, i tre astronauti scoprirono un incendio sviluppatosi nel modulo di comando. Le fiamme divamparono così velocemente, che i tecnici nella sala di controllo fecero in tempo solamente a sentire una breve e concitata comunicazione: “Fuoco! Sento odore di fuoco!“ seguita da un grido di dolore e da un assordante silenzio. I tre astronauti: Virgil I. Grissom, Edward White II, e Roger B. Chafee morirono soffocati dai fumi in appena 15 secondi. All’apertura dei portelli i tecnici non poterono che constatare l’entità della tragedia. Le tute protettive degli astronauti vennero ritrovate parzialmente fuse, ma avevano comunque protetto i corpi dalle ustioni, che non sarebbero state mortali. Purtroppo l’apertura del portellone dall’interno era impossibile senza depressurizzare la cabina di comando, operazione per la quale erano richiesti circa 90 secondi.

I soccorsi dall’esterno, con la rampa di lancio libera, avrebbero richiesto molto più tempo. La capsula Apollo, che doveva rappresentare l’inizio dell’avventura dell’uomo verso la Luna, si trasformò in una trappola mortale dalla quale non c’era alcuna possibilità di fuga.

I resti del modulo di comando di Apollo 1 dopo il tragico incendio che pose fine alla vita dei tre astronauti a bordo.

Questo gravissimo incidente impose un severo stop al programma. Furono rivisti tutti gli standard di sicurezza, i sistemi vitali del modulo di comando, nonché i materiali con cui era fabbricata la cabina, compresi i circuiti elettrici e le coperture isolanti.

Fu scoperto infatti che a scatenare il mortale incendio era stata una scintilla partita da una piccola porzione degli oltre 50 km di cavi, che aveva perso l'isolamento. Il fuoco poi si era propagato molto rapidamente a causa dell'aria costituita da ossigeno puro, un gas estremamente infiammabile.

In tutte le successive missioni l'atmosfera all'interno del modulo di comando e del modulo lunare (LEM) non fu mai più composta da ossigeno puro, ma diluito al 60%.

Il programma Apollo riprese qualche mese più tardi, testando in modo particolare tutte le delicate procedure, dal lancio allo stazionamento in orbita terrestre per prepararsi poi al viaggio verso la Luna.

I primi test furono eseguiti senza equipaggio di bordo e diedero fortunatamente risposte positive.

Il programma ripartì ufficialmente con la missione Apollo 4, priva di equipaggio, nella quale si testò per la prima volta il nuovo razzo Saturn V. La missione fu un successo sia per il razzo che per la resistenza del modulo di comando e dello scudo termico, ma i tecnici della NASA sottovalutarono gli effetti sull'ambiente circostante di questo enorme vettore.

Testimoni involontari della violenza della partenza del Saturn V furono alcuni dipendenti di una stazione televisiva, a circa 6 km dalla rampa di lancio.

Il rumore e le vibrazioni prodotte durante il decollo furono così forti da rompere le finestre e far cadere alcuni pannelli dal soffitto!

Nelle missioni successive vennero installati sulla rampa di lancio degli smorzatori in grado di attenuare sia il rumore che le vibrazioni prodotte nell'ambiente circostante.

Nonostante questi accorgimenti, la partenza del Saturn V

continuava a essere un evento spettacolare e surreale allo stesso tempo. Con una potenza inimmaginabile e una lingua di fuoco lunga diverse decine di metri, il razzo era così pesante che sembrava facesse fatica a staccarsi da Terra. In effetti i primi istanti della partenza sembravano avvenire al rallentatore, con la sensazione che la battaglia contro la forza di gravità della Terra dovesse essere persa da un momento all'altro.

Fortunatamente questa era semplicemente una sensazione: dei trenta lanci eseguiti nella storia di questo vettore nessuno fallì, dimostrando un'affidabilità fondamentale per delle delicatissime spedizioni umane.

Apollo 5 e 6 furono le ultime missioni senza equipaggio, con il compito di testare il modulo lunare e le manovre necessarie per lasciare l'orbita terrestre, senza mai raggiungere la Luna.

I test riguardavano anche una tecnologia ancora tutta da sviluppare: quella informatica. Lo sviluppo di computer affidabili, in grado di controllare e gestire i complessi sistemi di bordo, è probabilmente ciò che ha permesso agli americani di vincere la sfida con la potenza sovietica.

Le accensioni dei motori, la separazione degli stadi del Saturn V, la potenza erogata, la durata, le eventuali correzioni di traiettoria, sia del razzo che soprattutto del modulo di comando, le manovre del modulo lunare che sarebbe sceso sulla superficie, l'erogazione di ossigeno, la gestione della corrente elettrica, dovevano essere controllate dai computer di bordo. Sembra un gioco da ragazzi ora, ma non dobbiamo dimenticare che al calendario di quel periodo mancavano oltre 30 anni alla fine del millennio.

Con Apollo 7 cominciarono i test con equipaggio, sempre nell'orbita terrestre; in particolare le manovre di estrazione e

aggancio del modulo lunare, nonché l'affidabilità del nuovo modulo di comando, riprogettato dopo il disastro di Apollo 1.

Apollo 8 fu la prima missione a raggiungere l'orbita lunare e testare quindi la sicurezza della traversata, le accensioni dei motori, la manovra orbitale e le procedure di ritorno verso casa.

Con Apollo 9 si inaugurò il nuovo modulo lunare, capace di accogliere gli astronauti (fino a quel momento vi era un prototipo non destinato all'equipaggio) e con Apollo 10 esso addirittura si sganciò dal modulo di comando, arrivando a circa 15 km dalla superficie. Sebbene si potesse tentare già un allunaggio in questa circostanza, non era previsto dal piano della missione. Ai due astronauti a bordo, arrivati così vicini alla storia e al coronamento del loro sogno, non restava che controllare le emozioni e far ritorno verso il modulo di comando.

Finalmente il 16 luglio 1969 decollò dal Kennedy Space Center (Florida) la missione Apollo 11, la prima che avrebbe raggiunto la superficie lunare.

La storica partenza di Apollo 11 il 16 luglio 1969.

Quasi tutte le televisioni e i giornalisti di tutto il mondo seguirono l'evento trasmesso in diretta.

La partenza del Saturn V, come sempre spettacolare, avvenne senza problemi, proiettando quei tre impavidi uomini stipati all'interno dell'astronave Apollo 11 verso l'appuntamento con la storia, che sarebbe stato raggiunto quattro giorni più tardi.

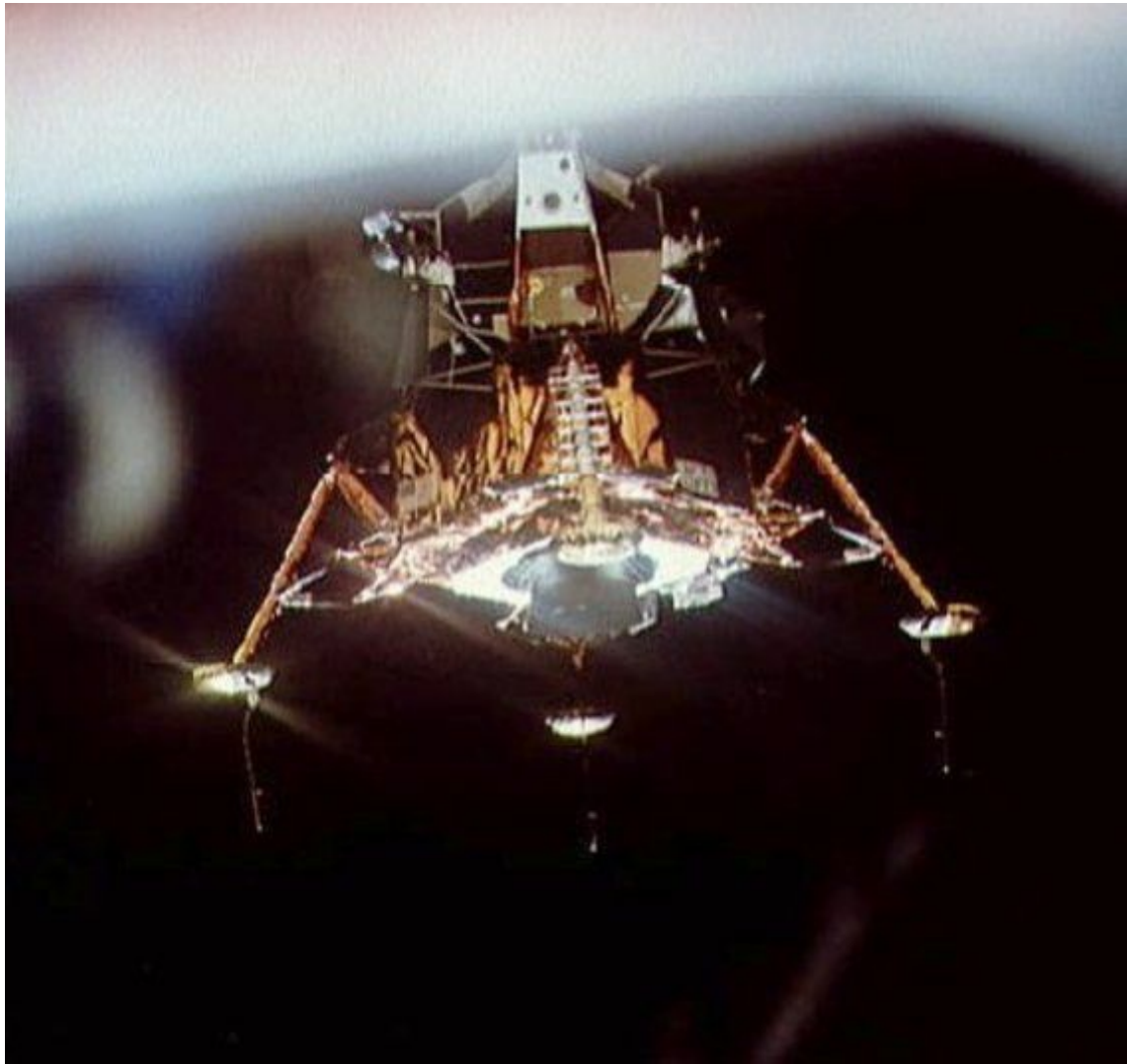
La Terra si allontana sotto gli occhi degli astronauti di Apollo 11. Questo è lo splendido panorama ammirato dall'oblò del modulo di comando.

I tre astronauti: il comandante Neil Armstrong, il pilota del modulo lunare Edwin "Buzz" Aldrin e il pilota del modulo di comando Micheal Collins raggiunsero l'orbita lunare il 20 luglio.

La missione dell'Apollo 11 entrò quindi nelle fasi più emozionanti e delicate.

Armstrong e Aldrin salirono a bordo del modulo lunare. Collins rimase al comando dell'astronave in orbita attorno alla Luna, aspettando per circa 22 ore il ritorno trionfale dei compagni di viaggio.

Le concitate fasi della discesa furono vissute con il fiato sospeso dagli scienziati della NASA, e da circa mezzo miliardo

di persone di fronte a radio e tv di tutto il mondo.

Il LEM Eagle con Armstrong e Aldrin si sgancia dall'astronave madre e si prepara per la discesa sulla Luna.

Poco dopo il distacco dal modulo di comando, Armstrong comunicò ai tecnici a terra di essere arrivati lunghi; l'atterraggio sarebbe avvenuto a qualche chilometro di distanza dal punto preventivato dal piano della missione.

In avvicinamento al suolo lunare, Armstrong fu costretto a intervenire manualmente più volte, a causa di un sovraccarico del computer di bordo.

In prossimità della superficie, sempre il comandante della missione avvistò il nuovo punto di atterraggio scelto dal

computer e prese i comandi del LEM.

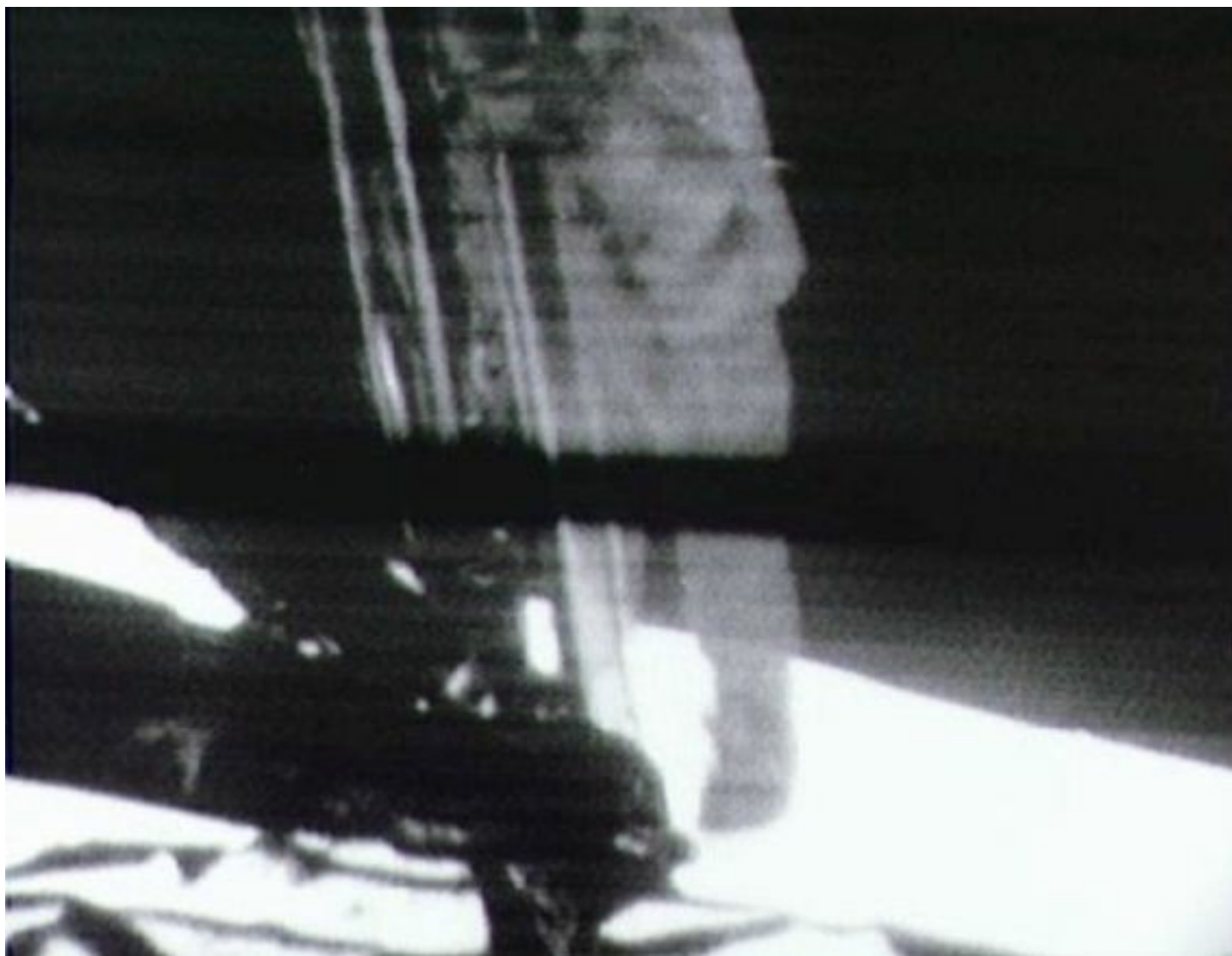
Con il prezioso aiuto di Aldrin, che comunicava continuamente velocità ed elevazione, l'Aquila toccò finalmente la superficie lunare alle 20:17, ora americana della costa est, del 20 luglio, con appena 25 secondi di autonomia rimasti nei piccoli serbatoi di carburante del LEM.

Armstrong comunicò ai tecnici di Houston, ormai in rigoroso silenzio e con il cuore in gola: "Houston, qui base Tranquillità; l'Aquila è atterrata!".

Un applauso scrosciante salutò degnamente il più grande momento della storia dell'umanità.

L'uomo era arrivato per la prima volta sulla superficie lunare, atterrando con una complessa astronave nel mare della Tranquillità, un luogo deserto, con il cielo nero anche in pieno giorno, reso ricco dalla presenza di una meravigliosa gemma azzurra: la nostra Terra, immensa per noi piccole formiche, minuscola per quei due uomini lontani.

Sei lunghe ore dopo, addirittura in anticipo rispetto ai programmi iniziali della missione, l'apertura del portellone del LEM ufficializzò lo storico momento.

Il comandante Armstrong iniziò a scendere la scala che lo separava dalla superficie lunare tenendosi saldamente per non rischiare di scivolare. Alcuni interminabili secondi di attesa prima di posare il suo piede sulla superficie selenica.

Armstrong sta per toccare il suolo lunare per la prima volta. Il suo piccolo passo resterà per sempre nella storia.

Le sue famosissime parole pronunciate con voce visibilmente emozionata appena sceso dalla scaletta e in diretta mondiale: “Un piccolo passo per un uomo, un passo da gigante per l’umanità”, suscitano ancora i brividi a oltre 40 anni di distanza da quello storico momento, anche in coloro che non l’hanno potuto vivere direttamente.

Poco dopo la discesa di Armstrong, anche Aldrin uscì dal LEM.

I due astronauti camminarono sulla superficie lunare per circa due ore e mezzo, raccogliendo campioni di suolo, piantando la bandiera americana, posizionando diversi apparati per lo studio

della Luna e scattando moltissime fotografie.

Sebbene fossero ex militari con un lungo addestramento al volo spaziale e capaci di controllare ogni tipo di situazione, erano prima di tutto uomini, con delle emozioni e dei sentimenti difficili, se non impossibili, da mascherare.

Dopo la tensione di quei momenti concitati dell'atterraggio sulla superficie selenica, negli occhi e nei gesti di quegli uomini straordinari traspariva l'emozione di tutta l'umanità, commossa e orgogliosa di se stessa, forse per la prima vera volta, per il passo da gigante che insieme ad Armstrong aveva compiuto.

Terminata l'unica escursione lunare prevista dalla missione, gli astronauti tornarono nel LEM e appena 21 ore e mezzo dopo lo sbarco la missione sulla Luna terminò.

La parte superiore del modulo lunare decollò dalla superficie selenica per ricongiungersi all'astronave madre in orbita.

La temuta riaccensione del razzo, che avrebbe fornito la spinta per tornare sulla Terra, riuscì senza problemi e gli astronauti poterono godersi molto più rilassati e felici il trionfale viaggio di ritorno.

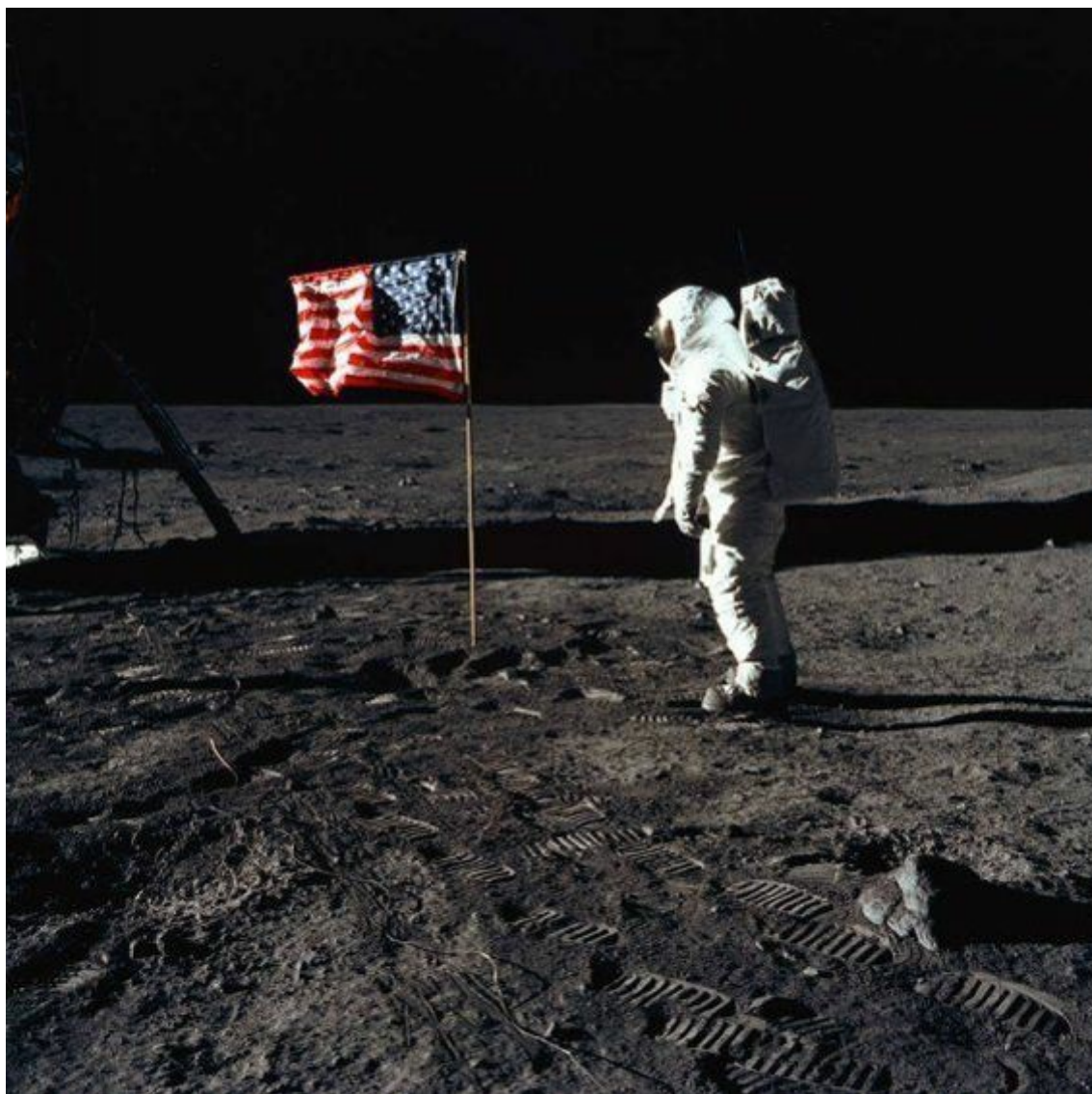
In prossimità della Terra il modulo di comando si liberò del modulo di servizio e pochi minuti dopo si tuffò trionfante nelle calde acque dell'oceano Pacifico.

24 luglio 1969: gli uomini del pianeta Terra che per primi avevano messo piede sulla superficie della Luna erano tornati sani e salvi, concludendo nel migliore dei modi la più grande impresa della storia.

Qui uomini dal pianeta Terra hanno messo per primi piede sulla Luna. Luglio 1969. Siamo giunti in pace a nome di tutta l’umanità.

Questa è la targa collocata su una delle gambe del LEM e rimasta sulla Luna dopo gli straordinari giorni di Apollo 11.

Quella piccola sfera luminosa gialla, che a volte si presenta come una simpatica falcetta, è un altro mondo esterno al nostro, posto a una distanza dieci volte superiore a quella necessaria per compiere il giro del nostro pianeta. Quella piccola sfera gialla che ha accompagnato la nostra storia sin dalla notte dei tempi e ha raccolto sogni, poesie, speranze, paure, non è più la stessa. Su quella sfera lontana noi ci siamo andati, abbiamo passeggiato, corso, saltato; siamo anche caduti ma sempre rialzati, proprio come i sogni di un uomo. Nessuno potrà mai distruggerli. Per quanto duri possano essere i tempi e i problemi della vita, ci sarà sempre qualcuno che guarderà le stelle con il desiderio e la

speranza di raggiungerle.

Buzz Aldrin, il secondo uomo sulla Luna, posa vicino alla bandiera americana issata sulla superficie selenica. Neil Arsmstrong, il primo uomo a scendere dal LEM, ha ripreso questa bellissima fotografia.

Il programma Apollo prevedeva molte altre missioni lunari sempre più complesse, da lanciare in stretta sequenza.

A neanche 4 mesi di distanza da Apollo 11, il 14 novembre 1969 Apollo 12 lasciò la superficie terrestre dirigendosi verso la Luna, in una missione molto simile alla precedente. Fu ancora un successo, sebbene alcuni seri problemi alla partenza avevano rischiato di far annullare la missione. In quei momenti il Kennedy Space Center era interessato da un violento temporale. I tecnici

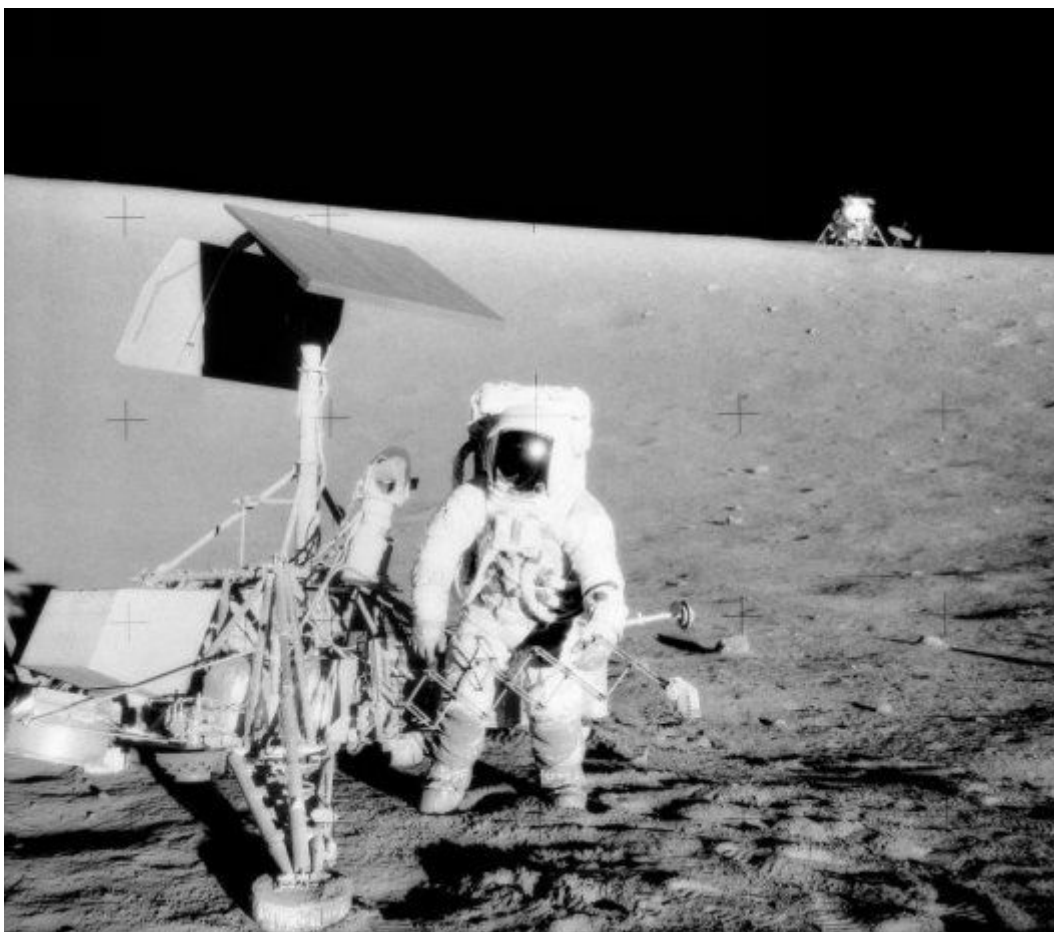
fecero partire lo stesso Apollo 12, che volò attraverso le nuvole.

Due fulmini a distanza di pochi secondi si scaricarono sul Saturn V mettendo temporaneamente fuori uso il computer di bordo del modulo di comando, alcuni sensori e l'alimentazione delle celle a combustibile. Queste si ripresero quasi subito, mentre al computer e agli altri sensori di controllo sarebbero serviti preziosi secondi che certamente non si avevano a disposizione in questa delicatissima fase.

Fortunatamente i processori indipendenti del Saturn V dedicati al controllo del volo non subirono danni e fecero volare regolarmente la navicella Apollo in quegli interminabili istanti di black-out del computer di bordo.

Passato lo spavento la missione proseguì tranquilla.

Gli astronauti Charles "Pete" Conrad e Alan Bean scesero nel grande mare lunare denominato Oceano delle Tempeste, che si estende fino al bordo occidentale del lato visibile della Luna.

Il terzo membro dell'equipaggio, Richard Gordon, rimase a bordo del modulo di comando.

Apollo 12 si posò vicino alla sonda Surveyor 3 giunta sulla Luna il 20 aprile 1967. I due astronauti diventarono i primi e attualmente gli unici ad avvicinarsi a una sonda su un altro corpo celeste.

Conrad e Bean restarono sulla superficie lunare per un giorno e 7 ore, compiendo due uscite di circa 3 ore ciascuna, un tempo decisamente maggiore rispetto ad Armstrong e Andrin.

Famosa resta la frase pronunciata da Conrad appena sceso dalla scaletta: "Whoopie! Amici, sarà stato anche un piccolo passo per Neil, ma per me è bello grande!"

Il terzo uomo sulla Luna, più basso di Armstrong, aveva fatto una scommessa con la giornalista Oriana Fallaci che in un'intervista aveva sollevato il dubbio che ci fosse la mano invadente della NASA nelle frasi che dovevano pronunciare gli astronauti nei momenti importanti. Conrad dimostrò che la grande giornalista si era sbagliata, almeno per quanto riguarda la sua missione!

Con un interesse sempre minore da parte del pubblico, che ormai si era stancato dei “noiosi” viaggi lunari, Apollo 13 decollò l’11 aprile 1970 alle ore 13:13, sfidando tutta una serie di superstizioni che circondano il numero 13 nella cultura anglosassone.

Sfortuna volle, però, che nel mezzo della traversata, durante un normale rimescolamento dei serbatoi di ossigeno, una serpentina difettosa si staccò e produsse una scintilla che fece esplodere uno dei quattro serbatoi, danneggiò seriamente l’altro che in poco tempo si svuotò e costrinse gli altri due alla chiusura forzata.

È entrata nella storia la comunicazione con cui Jim Lovell avvertì il controllo missione, con voce apparentemente fredda e distaccata, che qualcosa di grave e inaspettato era successo all’astronave: “Ok Houston, abbiamo avuto un problema”.

Ci vollero interminabili minuti per comprendere la gravità della situazione, così imprevedibile che inizialmente si pensò a un errore del computer di bordo. In effetti, cos’altro pensare leggendo improvvisamente sul monitor oltre 30 messaggi d’errore e una presunta quadrupla avaria?

Sfortunatamente non fu così, se non altro perché l’astronave era completamente fuori controllo e gli astronauti a bordo stavano pure osservando dall’oblò del gas incolore uscire dalla parte posteriore del modulo di servizio: il prezioso ossigeno.

La chiusura di tutti i serbatoi di ossigeno lasciò al modulo di comando solamente pochi minuti di aria e causò l’interruzione dell’alimentazione elettrica (che utilizzava proprio l’ossigeno), temporaneamente provvista dalle batterie di emergenza.

In poco tempo Apollo 13 si trasformò in una disperata

missione di salvataggio.

Non solo la Luna non si sarebbe potuta raggiungere, ma sarebbe stata una sfida riportare a casa sani e salvi gli uomini a bordo.

Con il modulo di comando che sarebbe presto diventato inabitabile, i dati del computer di bordo furono trasferiti in quello del LEM, che diventò una scialuppa di salvataggio.

Per riportare gli astronauti sani e salvi, fu deciso di far loro raggiungere l'ormai vicina orbita lunare e accendere il razzo nel lato nascosto della Luna, proprio come nelle normali missioni. Il problema era il motore del modulo di comando: se fosse rimasto danneggiato, la sua accensione avrebbe potuto distruggere l'astronave. Si decise allora di eseguire la manovra utilizzato il LEM e il motore che doveva scendere sulla Luna. Ma un'operazione del genere non era mai stata tentata fino a quel momento e non si era sicuri dell'esito positivo. Tutto questo, inoltre, sarebbe avvenuto durante il black-out delle comunicazioni che si verifica quando la Luna si frappone tra l'astronave e la Terra.

Fortunatamente la manovra riuscì perfettamente, ma i problemi di Apollo 13 non erano di certo finiti.

Con la poca alimentazione elettrica del LEM, gli astronauti furono costretti a spegnere tutti i sistemi non essenziali, tra cui l'impianto di riscaldamento, passando interminabili giorni con temperature di alcuni gradi sotto lo zero.

Il LEM, inoltre, era stato progettato per ospitare due astronauti per due giorni, ora invece ve ne erano da mantenere in vita tre per quattro giorni.

Uno dei problemi principali fu rappresentato dai filtri per lo smaltimento dell'anidride carbonica, che non erano sufficienti

per tre persone. Quelli del modulo di comando non potevano essere adattati al LEM perché di forma diversa.

I tecnici a Terra trovarono una soluzione spartana ma efficace per l'adattamento, utilizzando nastro adesivo, bustine di plastica e un calzino, tutti i pochi materiali a disposizione degli astronauti nell'astronave Apollo.

Seguendo passo passo le istruzioni comunicate in tempo reale, gli astronauti riuscirono ad adattare i filtri ed evitare una fine scontata e ormai prossima.

Un altro momento delicato fu la correzione di traiettoria che si rese necessaria a circa metà della traversata.

Senza l'aiuto del computer di navigazione, che avrebbe consumato le ultime risorse energetiche rimaste, gli astronauti dovevano accendere per 36 secondi il motore del LEM e pilotare manualmente l'astronave, prendendo come riferimento la Terra visibile in uno degli oblò.

Se gli astronauti non fossero riusciti a mantenere la rotta, non avrebbero mai più fatto ritorno a casa e niente e nessuno li avrebbe potuti soccorrere.

Se volare manualmente nello spazio senza possibilità di sbagliare non fosse già abbastanza rischioso, la situazione era resa ancora più pesante e incerta dal fatto che i motori del LEM non erano stati mai testati per una seconda accensione. Si sarebbero quindi riaccesi? Avrebbero resistito a un nuovo e forte sollecito, dopo il già grande stress a cui erano stati sottoposti per abbandonare l'orbita lunare?

Fortunatamente anche questa manovra riuscì tra la tensione degli astronauti e l'apprensione dei tecnici del controllo missione.

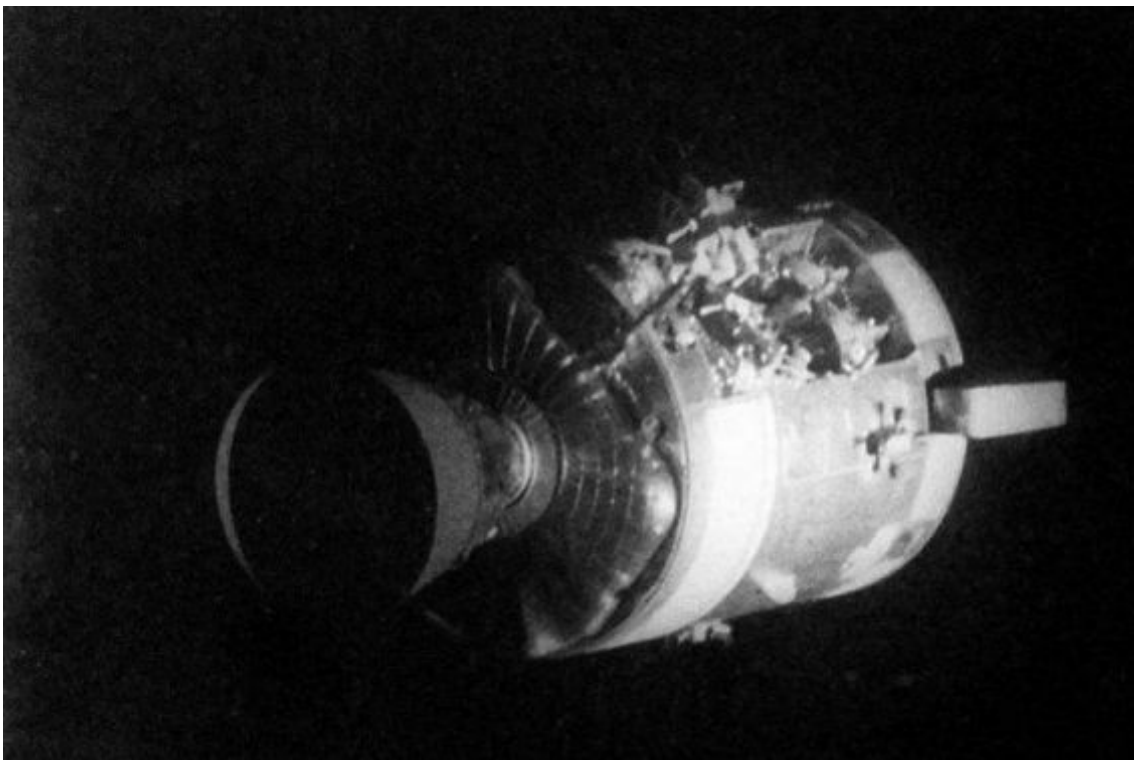
Il piccolo LEM Acquarius si era dimostrato più resistente e

affidabile di quanto pensassero gli stessi ingegneri che lo avevano costruito.

Superata con successo questa delicata manovra, l'astronave Apollo sarebbe sicuramente tornata sulla Terra, ma le incognite in merito alla reale sopravvivenza degli astronauti erano ancora numerose.

Lo scudo termico del modulo di comando, estremamente delicato e così vicino al luogo dell'esplosione, era stato danneggiato?

Le batterie di rilascio dei paracadute, necessarie per frenare la discesa, erano ancora cariche dopo i giorni passati a diversi gradi sotto zero?

La condensa all'interno del modulo di comando avrebbe mandato in corpo circuito tutto il sistema, una volta riattivato per le operazioni di rientro in atmosfera?

Dopo aver sganciato il modulo di servizio in previsione del rientro in atmosfera, questo è lo scenario che si presentava agli astronauti di Apollo 13: parte dell'astronave era completamente distrutta.

Trovare risposta a tutti questi interrogativi non era comunque utile, poiché nessuno avrebbe potuto intervenire per sistemare il problema.

I tecnici del controllo missione cercarono di rincuorare gli astronauti e scelsero di non comunicare tutte le variabili che rendevano piuttosto incerta la loro sopravvivenza.

Con l'ingresso nell'atmosfera terrestre a decine di migliaia di chilometri l'ora, le comunicazioni tra il modulo di comando e i tecnici si interruppero, come previsto. In queste delicate fasi, il forte disturbo dell'atmosfera terrestre, che riscalda lo scudo termico fino a oltre 1500°C, rende impossibile per circa 3 minuti ogni comunicazione radio.

L'ansia e la preoccupazione dei tecnici seduti su quelle sedie diventate scomode raggiunsero livelli altissimi quando alla fine del previsto silenzio radio tutti i tentativi di contattare l'astronave fallirono. Nessuna missione aveva avuto un blackout radio per più di tre minuti.

Quando il silenzio arrivò a ben cinque minuti, molti ormai pensarono al peggio. L'astronave era stata disintegrata nel rientro in atmosfera?

Una flebile speranza cominciò ad accendersi quando gli uomini addetti al recupero avvistarono il modulo di comando, che lentamente scendeva con i paracadute spiegati.

Purtroppo, ancora nessun segnale radio proveniva dall'abitacolo della capsula Odyssey che sembrava scendere quasi a tempo di una tristissima marcia funebre.

Ma dopo oltre sei interminabili minuti di silenzio, finalmente il saluto del capitano Lovell interruppe l'angoscia della sala di controllo e la litania dell'addetto alle comunicazioni che cercava

ancora di mettersi in contatto con l'astronave, ripetendo sempre la stessa frase ormai quasi priva di speranza.

Un applauso scrosciante salutò il tuffo del modulo di comando Odyssey nell'Oceano Pacifico, ponendo fine all'avventura più pericolosa della storia dell'astronautica.

La missione Apollo 13 fu l'unica a fallire l'allunaggio, ma i tecnici della NASA la definirono un fallimento di grande successo.

Le successive missioni subirono un fisiologico ritardo a causa della rigida inchiesta sulle cause dell'esplosione di Apollo 13.

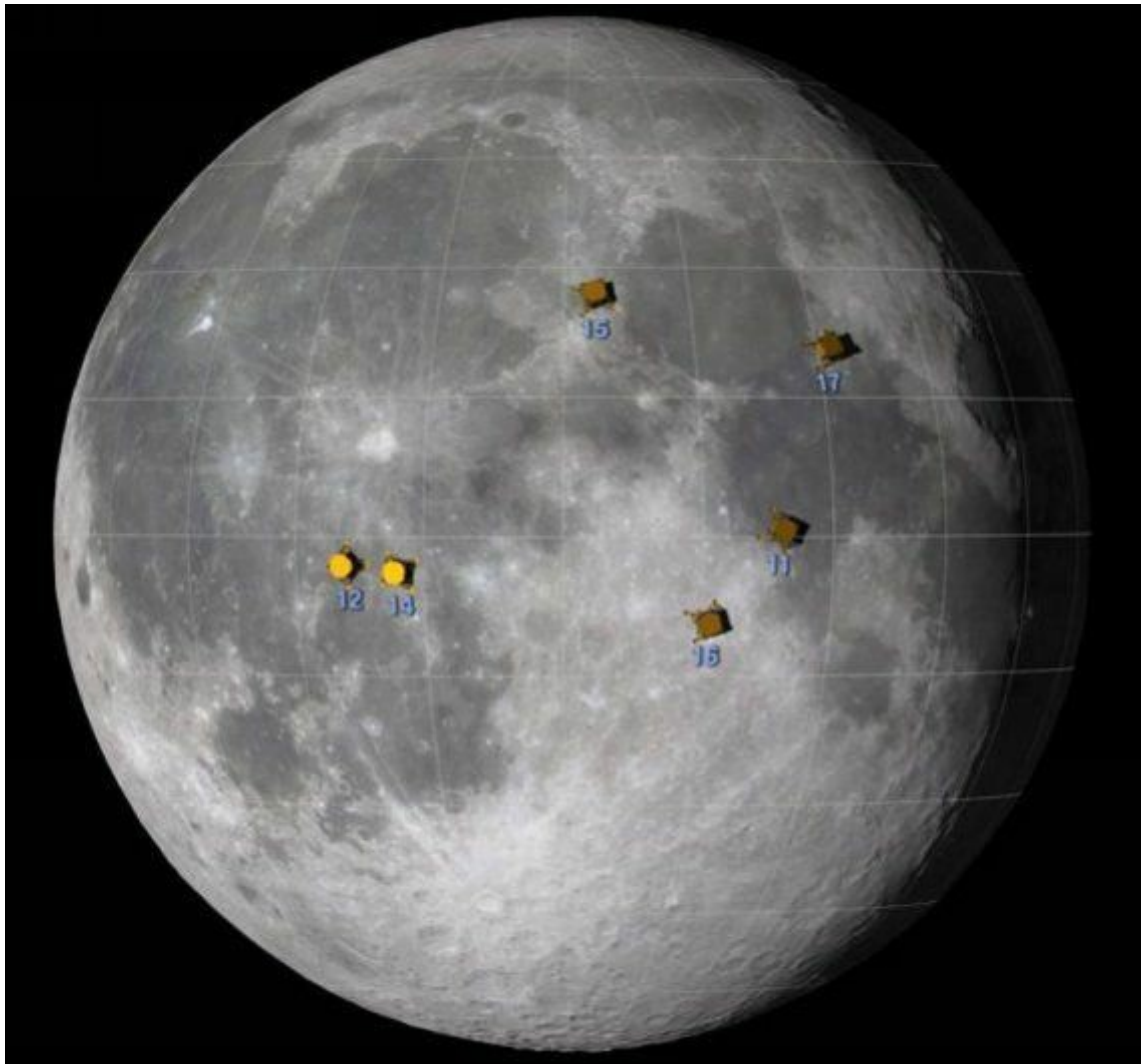
Una volta ripartito, il programma spaziale proseguì senza intoppi fino ad Apollo 17, l'ultima missione umana sulla Luna, partita il 7 dicembre 1972.

Tre giorni sulla Luna con altrettante uscite di oltre 7 ore ciascuna in compagnia, sin da Apollo 15, di una jeep per muoversi più velocemente, poi il ritorno verso la Terra, il 14 dicembre, sancì l'addio definitivo al grande sogno dell'uomo di esplorare il Cosmo con le proprie gambe.

L’equipaggio di Apollo 11: da sinistra a destra: Armstrong, il primo a toccare la superficie lunare, Collins, che sulla Luna non è mai sceso, e Aldrin, il secondo uomo a camminare sul nostro satellite.

Il Lunar Roving Vehicle (LRV) era un’essenziale jeep con la quale gli astronauti di Apollo 15-16-17 si muovevano sulla superficie selenica.

Neil Armstrong fu il primo a camminare sulla superficie del nostro satellite, Eugene Cernan rimane a oggi l’ultimo uomo

sulla Luna, a conclusione di un’era di esplorazione spaziale che forse non si ripeterà mai più, ma che resterà per sempre nella memoria del genere umano.

Luoghi di atterraggio delle missioni Apollo, le uniche a portare uomini sulla Luna.

Attualità

In questa sezione finale vengono proposte notizie e riflessioni sui temi più attuali, spaziando dall'esplorazione di Marte alle galassie più lontane dell'Universo. A decidere gli argomenti è l'enorme progresso scientifico cui va incontro una disciplina attiva come l'astronomia. Scoperte piccole e grandi si susseguono a ritmi frenetici, sebbene gli astronomi in tutto il mondo rappresentino una piccola comunità che a mala pena raggiunge le 20 mila unità. Ma mai come in questo caso la determinazione può superare tutte le difficoltà della disciplina più impegnativa che esista.

La folta schiera dei satelliti naturali

I satelliti naturali rappresentano una famiglia di corpi celesti che non possiamo di certo trascurare.

Ancorati dalla forza di gravità dei propri pianeti, costituiscono nella realtà dei fatti un secondo sistema planetario quanto a numero, varietà e proprietà, alcune davvero interessanti.

Gli unici pianeti a non possedere lune sono Mercurio e Venere e viste le difficoltà delle sonde interplanetarie a raggiungere stabilmente la loro orbita, non c'è da meravigliarsi che in queste regioni interne il morboso abbraccio del Sole abbia impedito ai pianeti di costruirsi una propria famiglia.

La Terra è l'unico pianeta a possedere un solo satellite naturale, ma allo stesso tempo è anche il più grande in proporzione al proprio diametro. Solamente Plutone fa meglio, con Caronte che è circa la metà più piccolo, ma non essendo più considerato un pianeta lascia il primato della classifica alla Terra, appena 4 volte più grande della Luna.

I pianeti giganti gassosi, in particolare Giove e Saturno, come già visto nelle pagine dedicate possiedono un vero e proprio esercito di satelliti dalle più svariate caratteristiche fisiche e orbitali.

Prendiamo di nuovo la nostra astronave immaginaria e facciamo un veloce tour concentrandoci questa volta sulle lune più interessanti e bizzarre, che non abbiamo trattato con la dovuta attenzione nei capitoli precedenti: il viaggio merita davvero!

Satelliti di Marte

Saltando la Luna, alla quale è stato dedicato il capitolo più lungo, giungiamo spediti verso Marte, che stupisce anche sotto questo punto di vista: è l'unico pianeta roccioso che possiede un sistema di satelliti, per di più alquanto particolare.

Phobos e Deimos, i cui nomi significano rispettivamente paura e terrore, non hanno fortunatamente molto in comune con queste definizioni dal significato davvero poco rassicurante, a cominciare proprio dalle dimensioni.

Phobos ha una forma irregolare di appena 13,5X10,8X9,4 km. Deimos appare ancora più innocuo e curioso, ricordando un grande uovo cosmico di 7,5X6,1X5,5 km.

Le peculiarità di questi piccoli corpi celesti non sono però di certo terminate con le loro dimensioni.

Le orbite, ad esempio, sono estremamente vicine alla superficie marziana.

Deimos, il più esterno, si trova ad appena 23.500 km dal centro di Marte, quindi 20.000 km dalla superficie.

Fa molto meglio Phobos, la cui orbita è collocata ad appena 9377 km dal centro, vale a dire poco più di 6000 km dalla superficie.

Con un volo quasi radente che richiede poco più di 7 ore e mezzo a completare in giro intorno al pianeta, si guadagna il primato di satellite planetario con l'orbita più stretta del Sistema Solare. Ma questa, per Phobos, non è una bella notizia.

A causa dell'intensa forza gravitazionale di Marte, la sua orbita si sta lentamente restringendo. È solo una questione di tempo, per noi umani molto, ma non per l'Universo, prima che il satellite si avvicini troppo alla superficie e venga distrutto

dall'intensa forza mareale marziana. Migliaia di detriti precipiteranno sulla superficie di Marte, disponendosi lungo la fascia equatoriale del pianeta, laddove si trovava proiettata l'orbita di questo impertinente masso che ha osato sfidare la potenza del dio della guerra.

Se consideriamo l'effetto che produrrà la distruzione di Phobos, è possibile notare un fatto curioso e sorprendente.

Sulla superficie di Marte sono già presenti lunghe catene di piccoli crateri da impatto. Non è da escludere, quindi, che il pianeta rosso abbia avuto in passato altri satelliti distrutti dal suo campo gravitazionale.

Sicuramente in un lontano futuro resterà solo Deimos a orbitare nel cielo marziano. La sua orbita, fortunatamente, non corre alcun rischio, anzi, in modo simile alla nostra Luna, si sta lentamente allargando (non più di pochi centimetri l'anno).

La particolare orbita di Phobos produce anche un altro effetto curioso per un ipotetico osservatore che dovesse trovarsi sulla superficie marziana. Il periodo orbitale del satellite, infatti, è nettamente minore del periodo di rotazione di Marte.

Se con le stelle e corpi celesti molto lenti è proprio la rotazione planetaria a determinare il sorgere a est e il tramonto a ovest, per la scheggia Phobos non è così.

Il satellite, che ruota in senso antiorario come molti dei corpi celesti del Sistema Solare, è così veloce che è esso stesso a determinare come presentarsi agli osservatori marziani, sorgendo a ovest e tramontando a est in appena 4,5 ore.

Deimos, invece, non ha questo strano comportamento, ma il periodo orbitale, poco superiore alle 30 ore, quindi non troppo diverso dal periodo di rotazione di Marte, lo fa apparire estremamente lento nel cielo marziano. Una volta sorto verso est,

impiega infatti ben 2,7 giorni per tramontare verso ovest.

Le sorprese non sono finite, perché a livello fisico e geologico molto si discute ancora sulla provenienza di questi piccoli massi. La forma irregolare, la composizione chimica e la bassa percentuale di luce riflessa dal Sole, sono elementi comuni alla maggior parte degli asteroidi presenti nella fascia principale. Non è da escludere, vista la relativa vicinanza a questa zona, che la forza di gravità di Marte sia stata sufficiente per catturare qualche lento asteroide di passaggio.

Sfortunatamente tutte le missioni che prevedevano uno studio approfondito delle superfici dei satelliti sono fallite.

Fino a quando non si disporrà di campioni da analizzare, sarà difficile comprendere qualcosa di più sull'origine della famiglia di satelliti più strana del Sistema Solare.

Le piccole dimensioni e la forma irregolare di Phobos ricordano la descrizione del pianeta nel famoso libro Il Piccolo Principe.

La ripresa più recente di Deimos, ripreso dalla sonda Mars Reconnaissance Orbiter, nel 2008.

Satelliti di Giove

Indirizzando la nostra velocissima astronave oltre la fascia principale degli asteroidi, giungiamo rapidamente nei pressi di Giove.

Senza le opportune indicazioni potremmo addirittura perderci tra la moltitudine di satelliti che orbitano in questa zona.

Impossibile visitarli tutti, meglio limitarsi a curiosare tra i più interessanti.

Molte lune somigliano a piccoli asteroidi non più grandi al massimo di qualche decina di chilometri, sicuramente asteroidi imprigionati dal campo gravitazionale del pianeta. E d'altra parte, non è difficile immaginare che un gigante di tale portata, che è riuscito persino a impedire la formazione di un pianeta nella fascia degli asteroidi, possa catturare senza più far scappare tutti quegli oggetti che osano avvicinarsi troppo.

I quattro satelliti galileiani costituiscono invece una famiglia a parte per dimensioni, proprietà e probabilmente nascita.

Se Ganimede e Callisto sono lune che potremmo definire comuni, Io ed Europa presentano proprietà importanti e uniche.

Nel capitolo dedicato a Giove è stato accennato al fatto che Io sia il satellite più vulcanico del Sistema Solare.

Centinaia di bocche da fuoco eruttano lava incandescente probabilmente da milioni, se non miliardi, di anni, con pennacchi di cenere e particelle solidificate larghi centinaia di chilometri e alti fino a 500 km.

Ma da dove arriva una tale energia, ben maggiore di quella dei vulcani terrestri?

Naturalmente da Giove.

Io orbita pericolosamente vicino al centro del pianeta, a circa

la distanza della Luna dalla superficie terrestre. Ma in questo caso non c'è un piccolo pianeta roccioso come la Terra a tenerlo ancorato, piuttosto un gigante violento come Giove. Le sue grandi dimensioni, poco minori della Luna, lo sottopongono continuamente a una forza di marea così violenta da mantenere fuso il mantello sottostante e causare fratture nella crosta, dalla quale escono grandi quantità di magma.

L'intenso calore prodotto ha cambiato profondamente anche la composizione chimica, facendolo assomigliare molto ai caldi pianeti rocciosi interni, piuttosto che ai corpi con una superficie prevalentemente ghiacciata di queste regioni.

Come se non bastasse, la sua orbita si trova pure all'interno dell'influenza del campo magnetico gioviano. Il veloce moto orbitale, che si completa in 42 ore e mezzo e una struttura interna costituita da materiale fuso, trasformano Io nella dinamo più grande del Sistema Solare, percorsa da una corrente elettrica con una differenza di potenziale di circa 400.000 Volt.

Appena 250.000 chilometri più lontano da questa pericolosa zona orbitale, i bollenti spiriti gioviani sembrano calmarsi notevolmente.

Europa è probabilmente il satellite più interessante, soprattutto per i biologi.

La superficie è davvero particolare, quasi del tutto priva di crateri e montagne, quindi relativamente giovane, ricoperta da un materiale molto riflettente e apparentemente mobile.

Evidenti striature di diverso colore solcano il satellite. Questa peculiarità rappresenta sicuramente la prova definitiva di un'attività geologica attuale, sebbene molto diversa da quella dell'irrequieto Io.

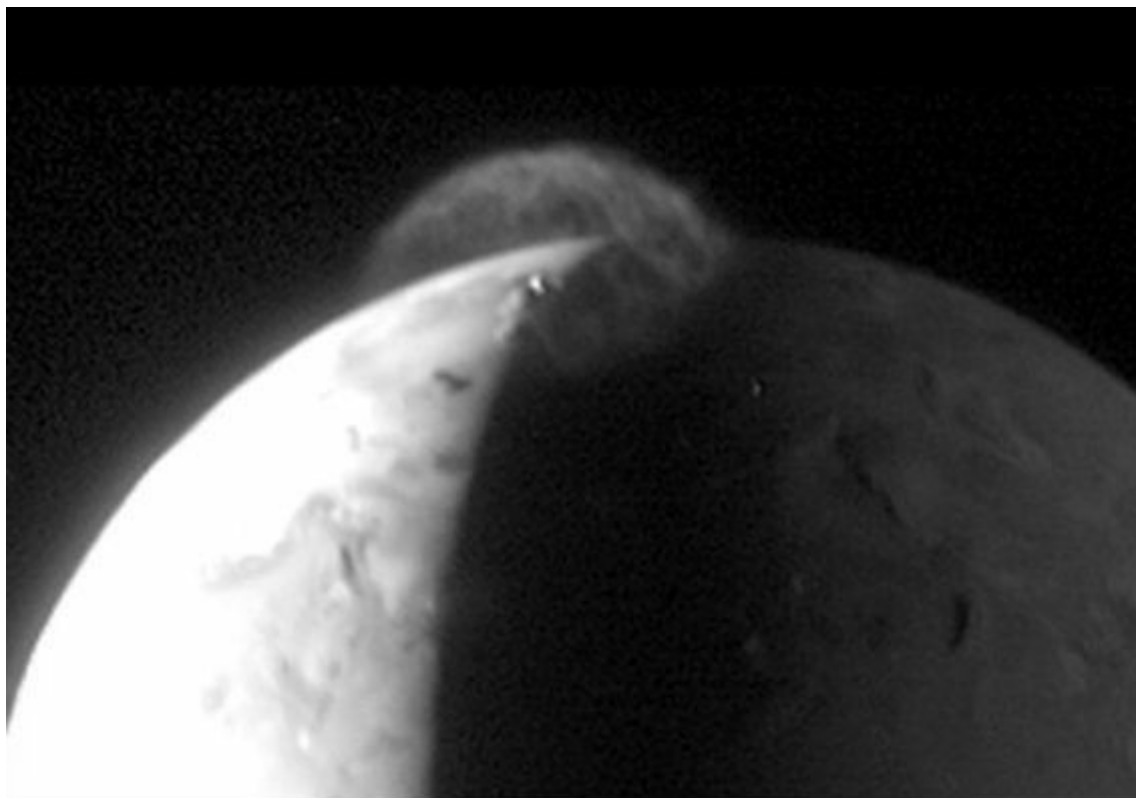
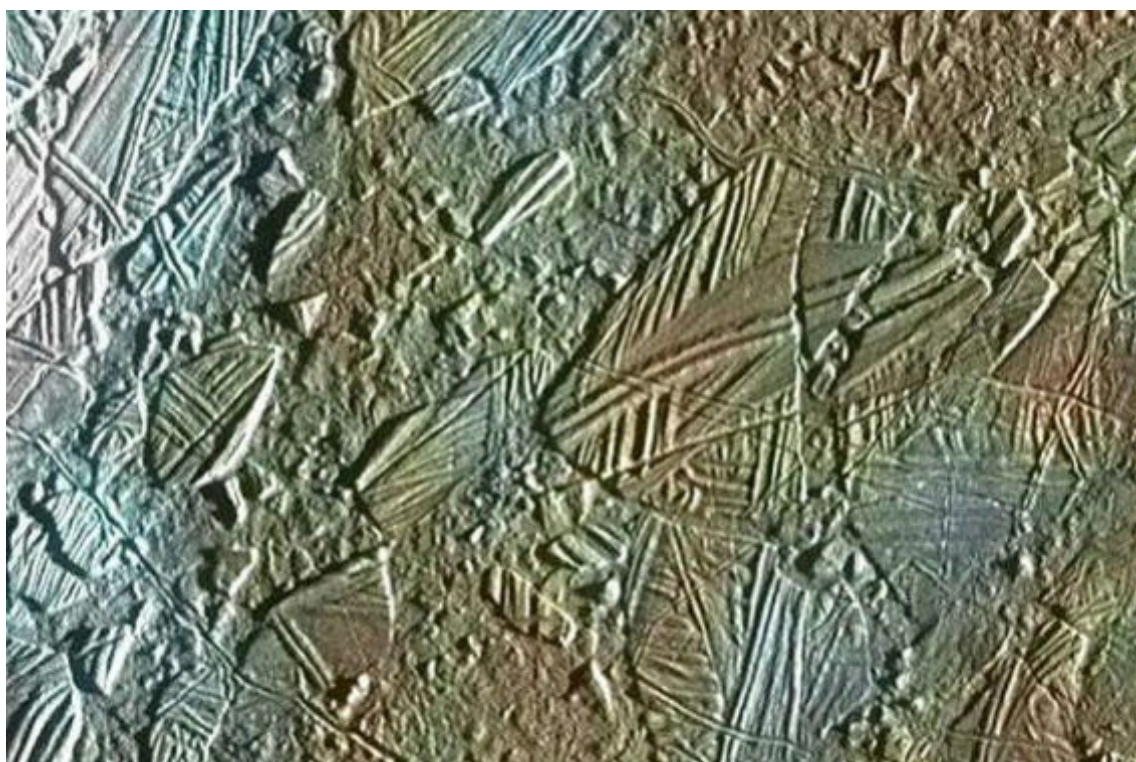
Le lunghe striature sembrano essere delle linee di frattura

della crosta, che secondo le osservazioni è costituita prevalentemente da ghiaccio d'acqua, del tutto simile alle grandi distese ghiacciate dell'Antartide.

A causa dell'influenza mareale di Giove, gli astronomi sono portati a credere che sotto lo strato ghiacciato, dallo spessore compreso tra 50 e 100 km, possa trovarsi un'enorme riserva di acqua mantenuta liquida dal calore prodotto dall'interazione con il campo gravitazionale di Giove.

Un grande oceano di acqua calda, al riparo dal freddo e dai pericoli dello spazio, potrebbe rivelarsi il luogo perfetto per lo sviluppo di alcune semplici forme di vita.

Ma come hanno fatto gli astronomi a ipotizzare un oceano d'acqua, senza mai poterlo osservare?

In modo relativamente semplice. La disposizione e il numero di quelle strane striature sulla superficie è infatti compatibile con un modello di crosta isolata e galleggiante sul nucleo. Questo isolamento meccanico consente alla crosta di muoversi a una velocità diversa rispetto al resto del satellite, compiendo, si stima, un giro in più ogni 10.000 anni.

Una spettacolare e gigantesca fontana di gas generata dall’eruzione del brillante vulcano centrale, ripresa su Io nel 2007 dalla sonda New Horizons diretta verso Plutone.

La superficie di Europa somiglia a migliaia di grandi cristalli di ghiaccio in lento movimento.

Satelliti di Saturno

Giunti nel complesso sistema di Saturno, diamo un rapido sguardo ancora all'intrigante Titano per scoprire che, oltre a laghi di metano e piogge di idrocarburi, probabilmente possiede anche alcuni vulcani.

La notizia non sarebbe importante, se non fosse per il tipo di vulcanesimo che si incontra a partire da queste regioni del Sistema Solare. I vulcani di Titano non erutterebbero lava incandescente, ma materiale molto più freddo, probabilmente un miscuglio di ammoniaca, metano e una consistente porzione di acqua liquida.

I criovulcani, così vengono definiti dagli astronomi, sostituiscono i caldi silicati fusi delle montagne terrestri con materiali più freddi e volatili, proprio come il metano liquido ha sostituito il vapore acqueo sulla superficie del satellite.

Non c'è da meravigliarsi più di tanto ormai: non dobbiamo basare le nostre esperienze sulle limitate situazioni che sperimentiamo qui sulla Terra; l'Universo è un luogo ben più grande e variegato.

Se il magma freddo dei vulcani di Titano contiene acqua liquida, è possibile che il satellite possa avere a disposizione tutti gli ingredienti per la nascita della vita.

L'interazione tra l'acqua e le molecole organiche presenti in atmosfera richiede solamente qualche giorno per creare gli aminoacidi, i mattoni fondamentali delle proteine. Questo intervallo di tempo è minore di quello richiesto a una colata di acqua per congelarsi completamente sulla superficie.

Dallo sviluppo delle proteine alla creazione della vita elementare, il passo potrebbe essere relativamente breve e la

stabilità dell’atmosfera del satellite potrebbe offrire la protezione ideale per lo sviluppo di forme di vita elementari.

È buffo notare come sulla Terra il vulcanesimo rappresenti un pericolo per la vita, addirittura su scala globale, mentre su Titano potrebbe svolgere un ruolo diametralmente opposto.

In realtà l’attività geologica della Terra, che si manifesta a volte in modo così violento attraverso vulcani e disastrosi terremoti, è un ingrediente fondamentale della complessa ricetta per lo sviluppo della vita su un grande intervallo di tempo.

Senza la continua rigenerazione della crosta terrestre a partire proprio dalle eruzioni vulcaniche e dai terremoti, le forme biologiche non avrebbero avuto i nutrimenti necessari per sopravvivere miliardi di anni: il suolo, proprio come un campo coltivato intensamente, lentamente si sarebbe impoverito e sterilizzato e non avrebbe più potuto soddisfare l’elevato bisogno energetico di tutti i processi biologici.

È molto probabile che l’evoluzione delle specie, di cui noi esseri umani sembriamo essere l’anello finale (almeno fino a questo momento), si sarebbe interrotta ben prima che qualche essere vivente avesse potuto prendere coscienza dell’ambiente che lo circonda.

Vulcani e terremoti, quindi, sebbene possano distruggere localmente vaste porzioni di territorio, sono la testimonianza che il nostro pianeta è vivo. Noi, che siamo poco più che dei parassiti, resteremo in vita fino a quando la Terra lo sarà. Non possiamo controllare le enormi forze alla base dell’attività geologica, ma possiamo nel nostro piccolo cercare di non avvelenare il pianeta: sarebbe davvero stupido uccidere ciò che per noi è fonte di vita!

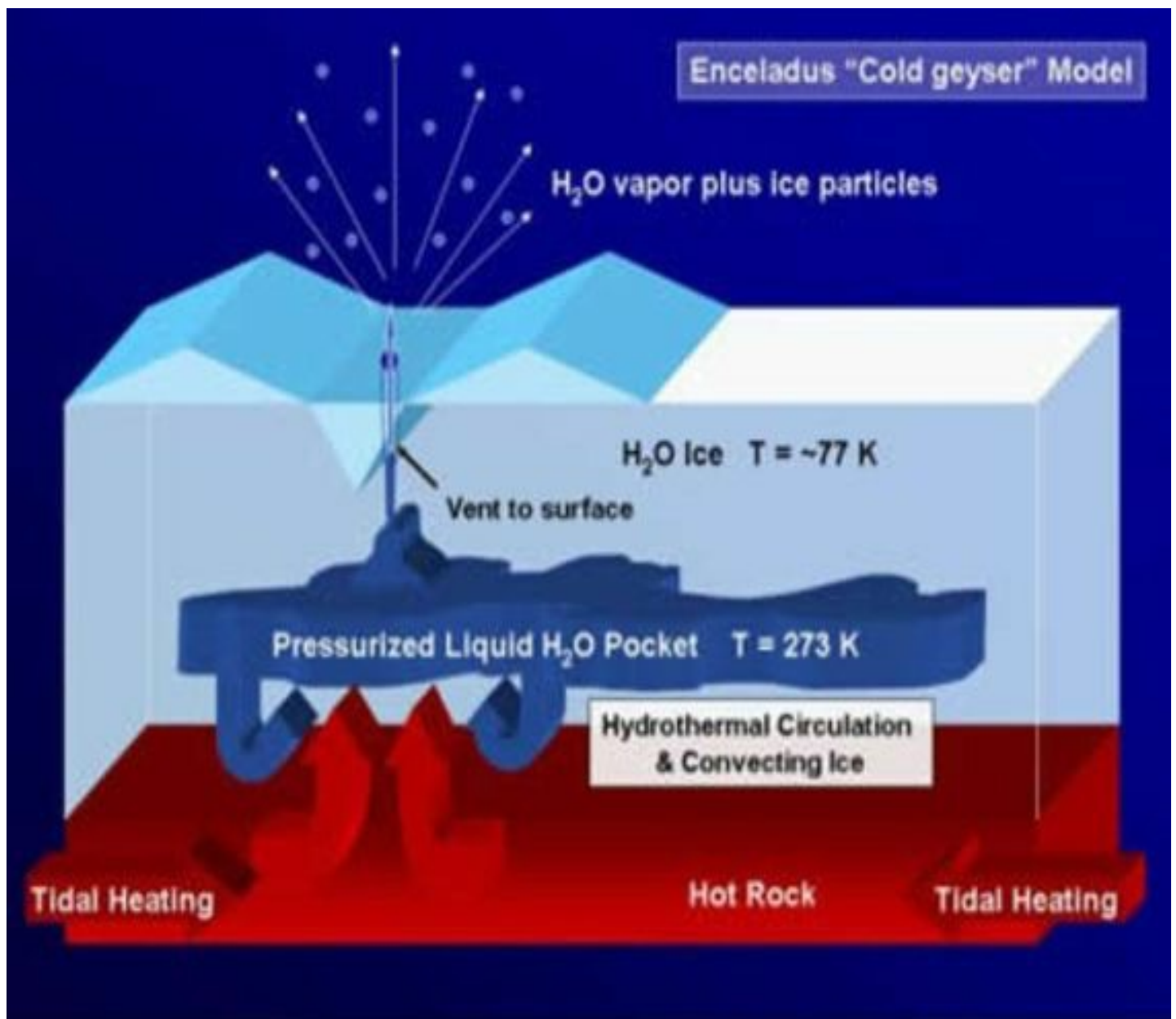
In attesa di ulteriori conferme alle ipotesi dei vulcani di Titano, salutiamo quest'affascinante luna con un fatto davvero curioso. L'atmosfera è infatti così densa, e la gravità circa 1/4 di quella terrestre, che sarebbero sufficienti un paio di ali sulle spalle per far volare un uomo attraverso il cielo arancione del satellite, o il classico ombrello per posarsi dolcemente sulla superficie. Due imprese decisamente impossibili da condurre qui sulla Terra (personalmente non le proverei!).

Se il criovulcanesimo su Titano può esserci stato in passato, ma attualmente non si rilevano attività, non si può dire lo stesso per un altro satellite di Saturno: Encelado.

Tre volte più piccolo di Titano, questa luna è stata osservata in dettaglio per la prima volta dalle sonde Voyager, che hanno rilevato subito la scarsa presenza di crateri nelle zone polari e l'elevatissima riflettività. Qual è il materiale che meglio riflette la luce del Sole, rendendo spesso difficili le nostre passeggiate in montagna? Sicuramente la neve!

In effetti, la superficie di Encelado è ricoperta da ghiacci, con un'abbondante presenza di ghiaccio d'acqua.

A quanto pare questo prezioso elemento chimico sembra essere presente quasi ovunque nel Sistema Solare. Tracce d'acqua sono state addirittura rilevate anche in nebulose oscure e calde atmosfere di pianeti extrasolari.

Secondo recenti osservazioni, l'acqua sembra essere una delle molecole più abbondanti dell'Universo. A pensarci bene, non potrebbe essere altrimenti. Una molecola d'acqua è formata da due atomi di idrogeno e uno di ossigeno, nient'altro che il primo e terzo elemento più abbondante dell'Universo!

Criovulcanesimo su Encelado. Le forze di marea di Saturno riscaldano l'interno del pianeta. Il calore riesce a fondere parte del ghiaccio nel sottosuolo che trova poi una via d'uscita in piccole spaccature della crosta. Le eruzioni dei criovulcani sono simili a quelle dei vulcani caldi terrestri: cambia solamente il materiale utilizzato.

La sorpresa più grande di Encelalo, tuttavia, è arrivata dalle recenti osservazioni della sonda Cassini, che ha rilevato dei vulcani attivi in prossimità del polo sud. Dalle spaccature della crosta superficiale sgorgano a grande pressione getti di acqua liquida, analoghi ai geyser terrestri, ma molto più potenti e freddi, a circa 0°C.

Encelado orbita all'interno del rarefatto anello E di Saturno,

così debole da risultare invisibile da Terra. Si pensa addirittura che il materiale che ha formato e continua ad alimentare l'anello provenga in gran parte dai giganteschi geyser del satellite.

Encelado, Io e Tritone, che tra poco avvicineremo, sono gli unici satelliti del Sistema Solare con un'attività vulcanica sicuramente ancora presente.

Da dove proviene il calore e l'energia dei vulcani ad acqua di Encelado? Ancora una volta, dalla forza mareale del vicino Saturno.

In primo piano la sagoma di Encelado con i grandi geyser d'acqua diretti nello spazio. Più in alto la falce di Mimas, in una emozionante immagine ripresa dalla sonda Cassini.

Prima di dirigerci verso gli ultimi pianeti, diamo un'occhiata ad altri due satelliti, che probabilmente si contendono la palma di corpi celesti più strani dell'intero Sistema Solare.

Abbiamo già parlato di Giapeto nel paragrafo riguardante le montagne più alte, con quella strana e lunga catena montuosa equatoriale che sembra il risultato della compressione violenta dei due emisferi del satellite.

Che nel passato sia successo qualcosa di strano, ce lo testimonia anche l'aspetto globale della superficie, divisa in due emisferi completamente differenti.

Circa metà è ricoperta da materiale estremamente scuro, che riflette appena il 5% della luce solare.

Le regioni polari e l'altra metà della superficie sono invece ricoperte da materiale bianco, con la capacità di riflettere circa il 60% della radiazione solare, quasi sicuramente ghiacci.

La differenza tra i due emisferi è evidente anche osservando dalla superficie terrestre, al punto che il grande astronomo Giovanni Cassini, lo stesso che per primo ha scoperto la divisione negli anelli di Saturno, aveva compreso perfettamente la particolarità del satellite, quasi 400 anni prima della conferma da parte dell'omonima sonda interplanetaria.

L'astronomo era in grado di osservare il satellite solamente a est di Saturno, ma sembrava scomparire quando lentamente si trasferiva nella parte ovest della sua orbita.

Non ci volle molto tempo a Cassini per comprendere che Encelado mostrasse sempre la stessa faccia a Saturno e possedesse due emisferi di luminosità molto diversa, che si mostravano sempre nella stessa posizione relativa rispetto al pianeta.

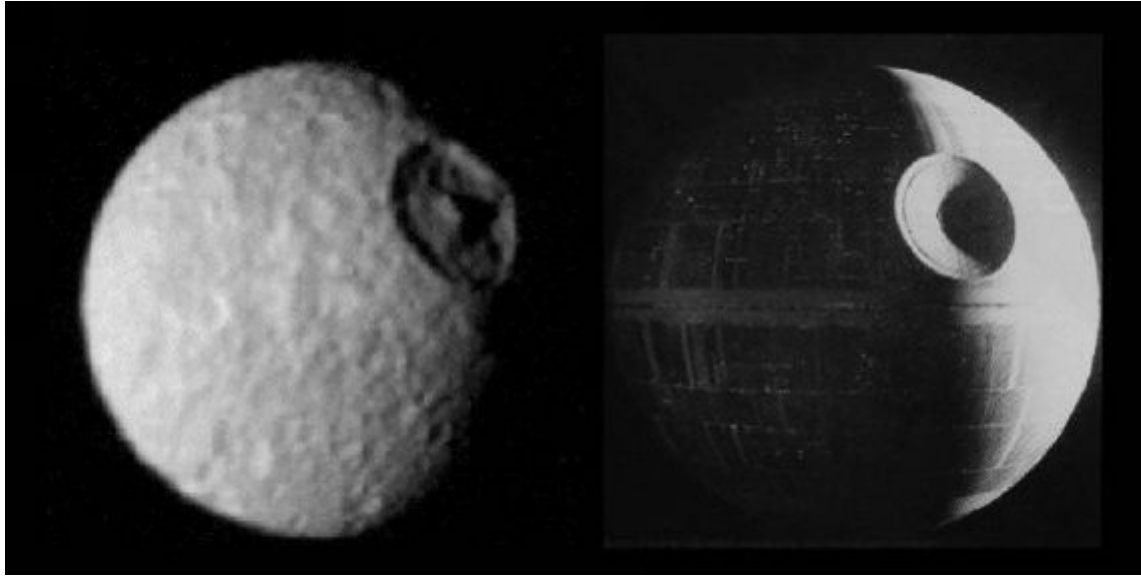
Giapeto è sicuramente il satellite con la colorazione più contrastata e strana del Sistema Solare.

Concludiamo il nostro tour del sistema saturniano con un satellite dalla forma particolare.

Mimas possiede un enorme cratere da impatto dal diametro pari a circa ¼ quello del satellite. Il corpo celeste che l’ha originato è andato probabilmente molto vicino a disintegrare la luna.

Sotto un’opportuna illuminazione solare Mimas e la grande cicatrice somigliano molto a un oggetto appartenente alla saga fantascientifica di Guerre Stellari: la temibile stazione spaziale denominata Morte Nera.

Niente paura, la somiglianza, seppur evidente, rappresenta

solamente una curiosa coincidenza!

Il grande cratere da impatto sulla superficie di Mimas, a sinistra, fa somigliare il satellite alla celebre stazione spaziale Morte Nera della saga di Guerre Stellari, a destra.

Satelliti di Urano

Le lune di Urano non possiedono nomi mitologici come tutti gli altri satelliti. Gli astronomi hanno deciso di assegnare nomi appartenenti alle opere di William Shakespeare e Alexander Pope.

Nomenclatura a parte, possiamo dividere le 27 lune conosciute di Urano in tre gruppi.

Il primo è costituito dai satelliti interni: piccoli corpi celesti che orbitano in prossimità degli anelli e che svolgono probabilmente la stessa funzione delle lune pastore di Saturno.

L'altro gruppo è costituito dalle lune esterne: asteroidi dalla forma irregolare catturati dalla gravità del pianeta.

L'ultimo è il più interessante ed è composto dai cinque satelliti più grandi del pianeta: Ariel, Umbriel, Titania, Oberon e Miranda.

Probabilmente anche a causa della mancanza di immagini dettagliate nel corso del tempo nessuna di queste lune sembra presentare sorprese.

Tutte possiedono superfici piuttosto antiche e scure composte da un miscela di rocce e ghiacci.

La particolarità di questi cinque satelliti risiede nel fatto che i loro piani orbitali sono inclinati di circa 100° rispetto all'eclittica, proprio come l'asse di rotazione del pianeta.

Se un giorno dovessimo atterrare all'equatore di uno di questi corpi ghiacciati rimarremmo sicuramente stupiti dallo strano percorso che compie il Sole nel cielo nell'arco di una giornata.

Sulla superficie delle principali lune di Urano, nei pressi dell'equatore, il Sole in cielo compie uno strano percorso nell'arco di un giorno.

Ritratto di famiglia: le cinque principali lune di Urano riprese da Voyager 2 nel 1986.

Satelliti di Nettuno

Siamo giunti all’ultima fermata del nostro viaggio tra i satelliti più particolari dei pianeti.

La famiglia di Nettuno è la meno numerosa degli altri pianeti gassosi e contraddistinta da un satellite molto particolare e diverso rispetto agli altri 12: Tritone.

Dal diametro maggiore addirittura di Plutone, Tritone si colloca al settimo posto della classifica delle lune più grandi del Sistema Solare.

Il paragone con Plutone, tuttavia, non serve solamente a far comprendere le grandi dimensioni di questo satellite naturale, piuttosto a evidenziare quelle che sembrano molte similitudini.

Proprio come il pianeta nano, Tritone contiene una grande quantità di elementi ghiacciati, soprattutto azoto, ammoniaca e ghiaccio d’acqua.

Se questo può costituire un indizio, alcune considerazioni orbitali e dinamiche potrebbero dare maggiore significato a questa somiglianza così spiccata.

Tritone, infatti, contrariamente a tutte le altre lune di Nettuno, ha un’orbita retrograda. Questo temine indica un movimento orbitale nel verso contrario alla rotazione del pianeta.

Molte piccole lune esterne di Saturno e Giove seguono un comportamento simile, che costituisce l’evidenza più grande che questi corpi celesti non si siano formati sul luogo dove si osservano oggi, ma sono probabilmente stati catturati dalla grande forza di gravità del pianeta.

A rafforzare l’ipotesi, per Tritone, ci sono le osservazioni delle altre lune di Nettuno, nessuna delle quali ha caratteristiche simili al grande satellite.

Nel sistema nettuniano, però, è possibile osservare altre caratteristiche piuttosto peculiari.

Perché alcuni satelliti, come Nereide, mostrano orbite non regolari?

E perché il loro numero è sensibilmente inferiore rispetto a tutti gli altri pianeti gassosi?

Tutti questi indizi rafforzano l'idea della cattura gravitazionale di Tritone. Probabilmente la luna nacque originariamente in una zona orbitale vicina a quella di Plutone, nel bordo interno della fascia di Kuiper.

La traiettoria di Plutone interseca l'orbita di Nettuno, quindi è plausibile pensare che Tritone, seguendo un percorso simile, a un certo punto della sua evoluzione si sia trovato troppo vicino a Nettuno, al punto da venirne catturato.

La grande massa del satellite appena aggiunto alla famiglia nettuniana avrebbe portato un certo scompiglio, disturbando gravitazionale i satelliti interni e addirittura disperdendo o distruggendo tutti quelli che orbitavano nella zona che si è prepotentemente conquistato attorno a Nettuno.

Altrettanto interessanti risultano le caratteristiche della superficie, parte della quale si è probabilmente fusa e rigenerata nelle prime fasi della seconda vita attorno a Nettuno, quando l'orbita non si era ancora stabilizzata e le forze mareali potrebbero aver trasferito ingenti quantità di calore.

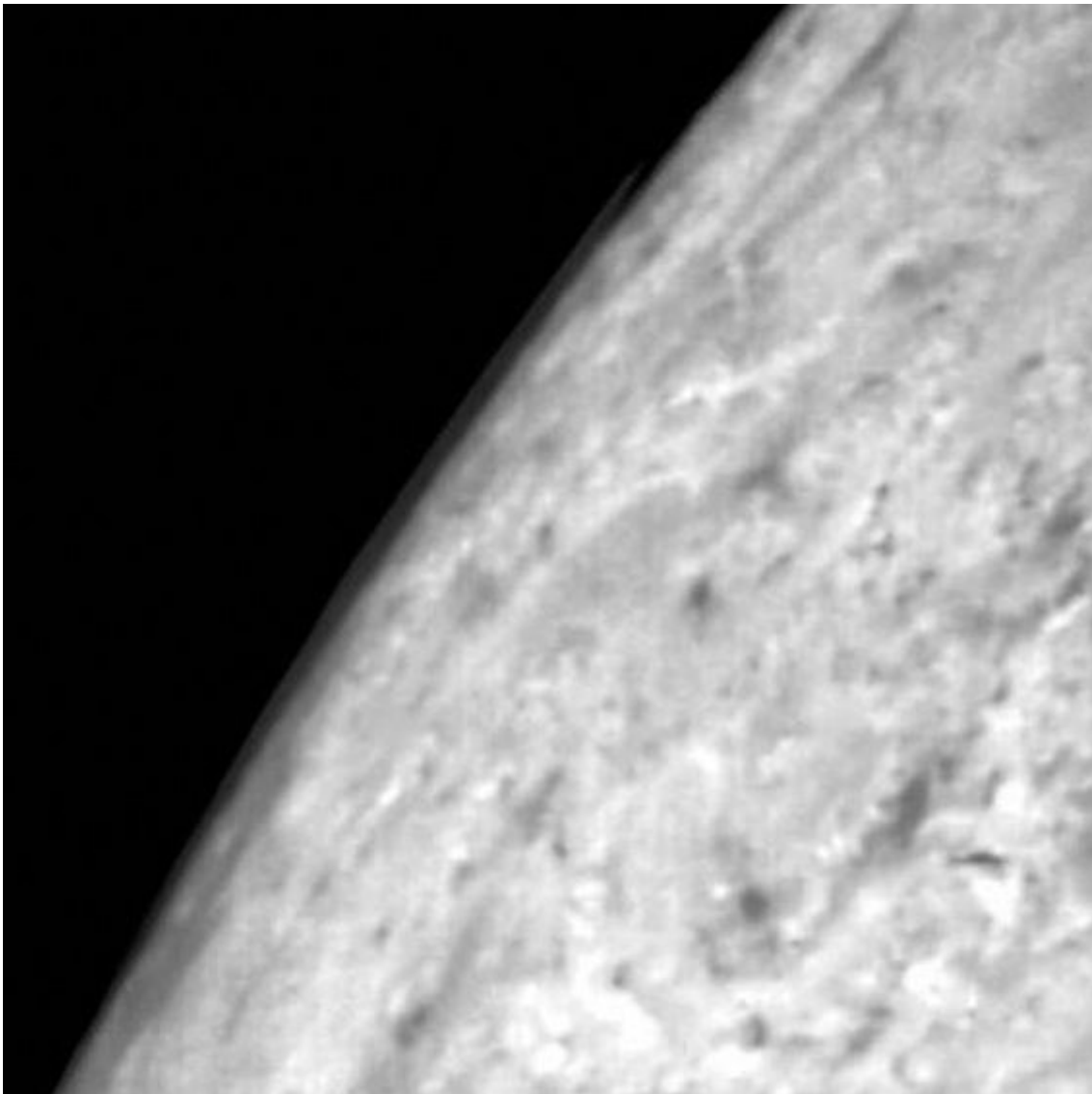
Dopo Titano, Tritone è l'unico satellite a possedere un'atmosfera.

Sebbene 70.000 volte più rarefatta di quella terrestre, è abbastanza densa per possedere una semplice struttura e ospitare sottili nubi formate da piccole goccioline di azoto liquido in sospensione a una quota compresa tra 1 e 3 km.

Insieme a Io e Encelado è uno dei pochi satelliti geologicamente attivi, con vulcani che eruttano principalmente magma composto da ammoniaca e acqua.

Le immagini scattate da Voyager 2, le uniche disponibili di Tritone, hanno mostrano un altro fenomeno particolare.

In prossimità delle regioni illuminate perpendicolarmente dal Sole sono stati osservati grandi geyser di azoto gassoso e polveri elevarsi fino ad 8 km dalla superficie.

Queste irruente fontane cosmiche non sono poi così differenti dai processi che generano la chioma e la coda delle comete, con la differenza che su questi piccoli corpi celesti la violenza delle eruzioni è amplificata dalla maggiore vicinanza al Sole.

Sottili nubi di azoto condensato nella tenue atmosfera di Tritone sono visibili lungo il bordo in questa ripresa di Voyager 2.

La strana superficie di Tritone sembra essere stata levigata da qualche evento successivo al grande bombardamento asteroidale subito nelle prime fasi di vita del Sistema Solare.

Nel prossimo volume

Neofiti: Le sorprese da osservare a occhio nudo

Costellazioni: Scorpione e Bilancia

Astrofotografia: Principi e difficoltà della fotografia al fuoco diretto.

Ricerca: Come eseguire l'analisi fotometrica di una stella variabile

Astrofisica: Le onde gravitazionali

Astronautica: L'esplorazione di Marte

Attualità: Vita elementare nel Sistema Solare – parte 1

Per consigli, critiche, suggerimenti o per inviare materiale (immagini, articoli) scrivetemi a info@danielegasparri.com

Per vedere tutti i miei libri cliccare qui

Se vi siete persi gli altri volumi di astronomia per tutti, li trovate qui